

El maqui


fruto forestal chileno famoso a nivel mundial

Autores:

Dra. M. Paulina Fernández

Dra. Ursula Doll

Ing. Carlos Vallejos



Fondo de Innovación para la Competitividad de la Región del Maule
Código BIP: 30.388.074-0

El maqui

fruto forestal chileno famoso a nivel mundial

Autores:

Dra. M. Paulina Fernández¹

Dra. Ursula Doll²

Ing. Carlos Vallejos³

Proyecto: “Establecimiento de plantaciones de *Aristolelia chilensis* (maqui) con fines productivos en zonas rurales pauperizadas de la Región del Maule a través de la utilización de sistemas de captación de aguas lluvias (SCALL)”

Fondo de Innovación para la Competitividad de la Región del Maule
Código BIP: 30.388.074-0

- ¹ Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile; E-mail: pfernand@uc.cl
- ² Centro de Plantas Nativas de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca. Av. Lircay s/n, Talca. E- Mail: udoll@utalca.cl
- ³ Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca. Av. Lircay s/n, Talca. E-Mail: rpizarro@utalca.cl, cvallejos@utalca.cl.

ISBN: 978-956-329-106-3



2 / El Maqui: fruto forestal chileno famoso a nivel mundial

Prólogo

En la Región del Maule existe una superficie actual de suelos erosionados de aproximadamente 1,5 millones de hectáreas, lo que representa el 48,7% de la superficie regional. Lo anterior, da cuenta de la urgente necesidad de abordar el problema de la erosión con alternativas económicamente viables y que sean ambientalmente sustentables, con el fin de reducir la actual pauperización de los sectores rurales. Esto es especialmente importante en sectores de suelos degradados y/o con escasez hídrica, que hace que sea imperiosamente necesario buscar alternativas productivas que se adapten a estas condiciones desfavorables y que además promuevan el uso eficiente del agua.

En este marco, la Universidad de Talca a través del Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental realizó el proyecto “Establecimiento de plantaciones de *Aristotelia chilensis* (maqui) con fines productivos en zonas rurales pauperizadas de la Región del Maule a través de la utilización de sistemas de captación de aguas lluvias (SCALL)”, donde se planteó la reintroducción con fines económicos de la especie maqui, mediante una plantación asociada a Sistemas de Captación de Aguas Lluvias (SCALL).

La *Aristotelia chilensis* (maqui) es un arbusto nativo que ha generado un creciente interés en este último tiempo, en particular por sus frutos. Los extractos de maqui han mostrado interesantes resultados tanto por la acción antioxidante de sus frutos, como por la capacidad antibacteriana de sus hojas, debido a su composición fenólica (Rubilar *et al.*, 2011; Suwalsky *et al.*, 2008). Dicha especie reviste gran importancia en el marco de la creación de valor a partir de productos forestales no madereros y ello mediante tecnologías sustentables (Ministerio de Agricultura, CONAF, INFOR, 2012).

En general, los berries se destacan por tener una alta capacidad antioxidante y esto se debe principalmente a su alto contenido de polifenoles. Entre ellos se destaca el maqui, siendo superado sólo por el calafate (*Berberis microphylla*) (Speisky, López-Alarcón, Gómez, Fuentes, & Sandoval-Acuña, 2012). Los diversos estudios realizados en el fruto, validan al maqui como la fruta con mayor poder antioxidante actualmente disponible en el mercado internacional, lo que justifica el aumento considerable de su exportación en la última década y los numerosos productos que se elaboran hoy en día para aprovechar sus propiedades.

En el marco descrito, el presente documento pretende ser un manual que describe las actividades necesarias para realizar una exitosa plantación de *Aristotelia chilensis*, con vistas a entregar opciones de uso de suelos degradados que ofrecen un interesante valor económico y ambiental, para una región como la del Maule. Asimismo, este documento aglutina las experiencias de dos destacadas investigadoras como son la Dra. Paulina Fernández de la Pontificia Universidad Católica de Chile y de la Dra. Úrsula Doll, de la Universidad de Talca. Esto permite asegurar una buena recopilación de técnicas, de cifras, de exhaustivas revisiones bibliográficas y por sobre todo del aporte de una gran experiencia profesional, todo lo cual define un conjunto virtuoso que me honro en presentar para la transferencia a diversos estamentos de la Región del Maule y del país.

Dr. Roberto Pizarro

Director Cátedra Unesco en Hidrología de Superficie
Universidad de Talca



Contenido

1. Introducción	7
2. Antecedentes del proyecto	8
3. Antecedentes de la especie	12
3.1. Distribución geográfica y asociaciones vegetacionales	12
3.2. Características botánicas y fisiológicas	13
3.3. Propiedades químicas del fruto de maqui	15
4. Manejo productivo	17
4.1. Selección y obtención de las plantas	18
4.2. Propagación de la especie	19
4.2.1 Métodos de propagación	20
4.3. Cultivo	21
4.4. Poda	22
4.5. Cosecha	22
4.6. Poscosecha	23
5. Usos	24
5.1. Productos comestibles	24
5.2. Usos en medicina humana	25
5.3. Productos Cosméticos	27
6. Mercado	28
7. Conclusiones	29
8. Referencias	30



1. Introducción

El maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz), de la familia Elaeocarpaceae, es un árbol endémico de Chile y Argentina cuyos frutos se han hecho mundialmente famosos por su alto contenido en antioxidantes.

Con una amplia distribución geográfica desde la Región de Coquimbo hasta la Región de Aysén, la especie es parte de numerosos ecosistemas en Chile, en un amplio rango de condiciones climáticas y de suelos. Desde su uso medicinal en la etnobotánica mapuche hasta su posición actual como súper fruto, ha recorrido un largo y lento camino de reconocimiento.

La investigación de los últimos años expresada en artículos científicos relativos a maqui ha aumentado en más de seis veces, entre las publicaciones generadas el año 2000 y las publicadas el año 2018. Este incremento muestra una tendencia exponencial y una interesante reconversión desde publicaciones principalmente chilenas hacia el año 2000, a un gran porcentaje de investigaciones provenientes de instituciones extranjeras en los últimos años; estas provienen de países tales como Canadá, Estados Unidos, Alemania, Japón, China, Argentina y España, entre otros.

Las áreas de investigación en los últimos años se han concentrado fuertemente en temas relativos a la composición química del fruto y sus potenciales usos tanto en medicina, como en cosmética, además de su procesamiento y uso como alimento. Por otra parte, las investigaciones silviculturales para seleccionar material genético de alta calidad, desarrollar protocolos de propagación y de cultivo, o mejorar las prácticas silvícolas y de cosecha en formaciones naturales, se han ido tomando la investigación nacional.

Estas son muy buenas noticias para la producción nacional de maqui, pues en la medida que se determinen más propiedades y usos para la especie, la demanda seguirá creciendo, y el aumento del conocimiento en el área, agronómica y forestal mejorará la producción. Así y probablemente, de ser una especie silvestre, en el mediano plazo pasará a ser un cultivo de alto impacto. Esta oportunidad debe ser capitalizada en Chile por la vía de desarrollar y estimular la producción de maqui, sobre todo considerando que tarde o temprano, otros actores a nivel internacional entrarán también en la producción masiva de este fruto.

En este sentido, es que el proyecto del Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental de la Universidad de Talca titulado “Establecimiento de plantaciones de *Aristotelia chilensis* (maqui) con fines productivos en zonas rurales pauperizadas de la Región del Maule a través de la utilización

de sistemas de captación de aguas lluvias (SCALL)”, ha unido dos líneas de alto interés para el país. Por una parte, el uso eficiente del agua y el aprovechamiento y almacenamiento de las aguas lluvias, particularmente en zonas mediterráneas con problemas de déficit hídrico, es abordado a partir del uso de los SCALL. Por otra parte, el cultivo del maqui es puesto a prueba al ser incorporado en un sistema de captación de aguas lluvias, probando así la posibilidad de cultivarlo bajo riego, aún en lugares remotos sin acceso a aguas provenientes de pozos o cursos de agua. Incluso si el riego por la vía de este sistema fuese deficitario en relación a las necesidades del cultivo, los antecedentes científicos indican que la mayor cantidad de antioxidantes se logra bajo condiciones de estrés hídrico en la planta. Por esto, una interesante oportunidad de aumento de productividad vía riego, sin deteriorar las propiedades antioxidantes del maqui, se vislumbra por la vía de estas soluciones.

2. Antecedentes del proyecto

El proyecto se desarrolló en la Región del Maule y tuvo como objetivo generar una propuesta de manejo del maqui y su establecimiento en suelos erosionados, en donde se puede asegurar, mediante SCALL, el aporte de agua a los individuos en los periodos estivales y de mayor producción del fruto. Esto tiene connotaciones adicionales, porque el maqui puede ser establecido en terrenos degradados y por ende podría convertirse en una excelente opción para pequeños propietarios y en general para entregar un uso y una posibilidad de restauración a ecosistemas altamente degradados de la Región del Maule, y que hoy sufren erosión y son, por tanto, generadores de sedimentos a cauces de todo tipo.

En la actualidad, el maqui se ha convertido, según la literatura internacional, en uno de los principales berries a nivel mundial, derivado principalmente de sus propiedades antioxidantes y cardio-protectoras. El maqui presenta cuatro veces más antioxidantes que otros berries, como el arándano o la frambuesa (Vidal *et al.*, 2013). Esto ha derivado en una creciente demanda internacional que se ha traducido en crecientes exportaciones de frutos congelados, jugo y otras formas, con Estados Unidos como principal comprador (Odepa, 2018). A la fecha, el precio de un kilo de maqui seco alcanza un valor que fluctúa entre los \$20.000 y \$40.000 pesos chilenos (28 a 55 USD).

Por otro lado, los SCALL corresponden a obras capaces de coleccionar y almacenar el agua proveniente de la lluvia. Para ello, existen dos tipos: impermeabilizando una ladera con geomembrana u hormigón, o capturando el agua mediante un techo de vivienda o galpón. En ambos casos se deben

conducir las aguas hacia un estanque cerrado, el que permite que al agua no se descomponga por la acción del aire y la luz (Figura 1). El objetivo de estas obras es capturar aguas provenientes de las precipitaciones y almacenarlas para su posterior uso, especialmente en épocas estivales, donde las precipitaciones son nulas.



Figura 1: Sistema de captación de aguas lluvias (SCALL) con geomembrana en área de captación y estanque flexible como cisterna acumuladora en la zona baja.

El uso de estas aguas es amplio y varía dependiendo de la necesidad del usuario. Existen registros de uso de SCALL para uso agrícola y forestal, para el consumo doméstico y animal, para la recarga de acuíferos y para el combate de incendios, entre otros. Su ventaja radica en la posibilidad de utilizar el agua de lluvia, que es gratis y posible de ser capturada. Asimismo, mediante la ejecución del proyecto FIC Maule “Transferencia, Diseño y Construcción de Sistemas de Captación de Aguas Lluvias” desarrollado entre los años 2012 al 2015 por el Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental de la Universidad de Talca, fue posible avanzar como ninguna otra región de Chile en el diseño y construcción de SCALL, hecho que permitió asegurar la captura de agua. En este caso, la duda científica que se planteó fue si era posible abastecer hídricamente a una plantación de maqui, en base a sus propias demandas, y a la vez generar producción económica. Por ende, la hipótesis de trabajo del proyecto fue la siguiente: “Se piensa que es posible, mediante sistemas de captación de aguas lluvias, suministrar el agua necesaria para que pequeñas plantaciones de maqui sean productivas desde un punto de vista económico y a la vez esto permita la restauración ambiental de territorios degradados de la Región del Maule”.

Para el desarrollo del proyecto se consideró la instalación de ensayos en predios de pequeños agricultores. Para la selección de los sitios, se realizaron una serie de reuniones y visitas a terreno con profesionales de INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario), institución asociada al proyecto, con quienes se seleccionaron a los propietarios beneficiarios en base a algunos criterios de selección, en donde destacaron la accesibilidad al predio, tipo de tenencia de la propiedad (dueño de las tierras) y factibilidad técnica de instalación de la obra. Así, se establecieron 8 sitios para instalar las obras, los que se ubican en las comunas de San Clemente, Constitución, San Javier, Curepto y Empedrado. De los 8 sitios seleccionados, dos ya contaban con un SCALL construido por INDAP Maule. Los lugares seleccionados se muestran en la Figura 2.

Una vez seleccionados los sitios, se establecieron unidades productivas compuestas por una zona de captación de geomembrana de 180 m², abasteciendo de agua a un estanque flexible de 80 m³ (80.000 litros de agua). Desde el estanque se instaló un sistema de riego por goteo el que alimenta a una plantación de maqui de 200 plantas ubicadas a una distancia sobre hilera de 1,2 metros y a 2,0 metros entre hilera. Las plantas iniciales fueron obtenidas a través de propagación vegetativa. Por otro lado, el reemplazo de las plantas que no sobrevivieron, se realizó mediante plantas obtenidas en vivero, las cuales también fueron reproducidas de forma vegetativa. En relación al esquema de riego de los ensayos, la dosis de riego es de 2 litros por planta cada dos días, en un régimen de riego por goteo.

La inversión por unidad productiva fue de 5 millones de pesos chilenos (6940 USD) para el SCALL y de 250.000 pesos chilenos (347 USD) para el establecimiento del material vegetal de cada unidad. Se tomó como supuestos para evaluar el proyecto el que, al menos 65 individuos entrarán en producción en el año 3 con una producción mínima de 2 kg por año por individuo. Esto implica que, asumiendo un valor de 20.000 pesos chilenos (28 USD) por kilo de fruto fresco, las entradas netas por año podrían ser del orden de \$2,6 millones de pesos chilenos anuales, como mínimo, durante un periodo productivo de 20 años, otorgándole (3607 USD anuales) al pequeño productor una entrada monetaria estable para cada año, en una superficie de aproximada de 1/10 de ha.

UNIDADES MUESTRALES - REGIÓN DEL MAULE

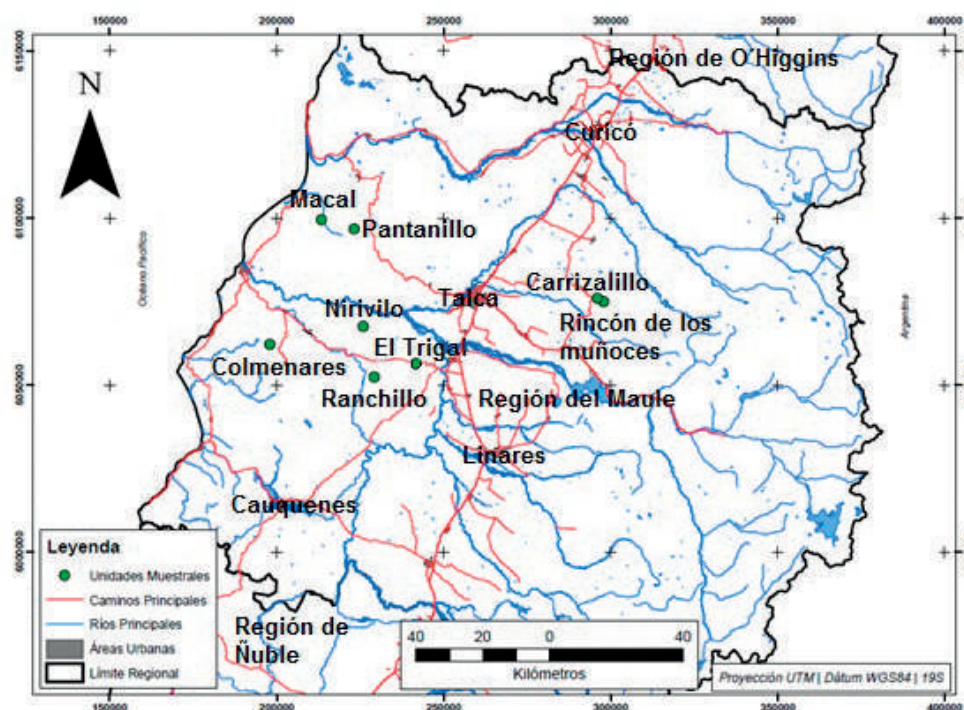


Figura 2: Plano de ubicación de las unidades muestrales.

Al término del proyecto y luego de que las plantaciones ya tienen casi un año desde su establecimiento, el principal resultado obtenido es el adecuado establecimiento de las plantas de maqui en todos los sitios seleccionados. Esto considerando que fue necesario realizar una reposición de plantas muertas cercana al 15-20% del total de individuos plantados, debido a las condiciones de humedad del suelo al momento de establecerse la plantación y a las altas temperaturas en verano.

Desde el establecimiento, se ha observado un aumento en la cantidad de ramas y hojas en las plantas más grandes de cada sitio. Incluso en algunos individuos se ha encontrado la presencia de algunos frutos, pero aun muy pequeños. Esto último indica que toda la infraestructura implementada para la protección contra animales en cada sitio, como el cierre perimetral, los protectores individuales y el sistema de riego, han sido efectivos para el desarrollo de las plantas.

Un segundo resultado relevante para el proyecto tiene relación con el interés que mostraron los propietarios y beneficiarios, dado que ahora ellos son los responsables de mantener en funcionamiento el SCALL y la plantación. Existen varios propietarios que desean ampliar la superficie plantada, pero ello dependerá del volumen de agua capturada por el SCALL al final de cada temporada de lluvias.

Finalmente, se espera poder continuar desarrollando investigaciones y nuevas reflexiones en torno al cultivo y manejo del maqui, que permitan aumentar el conocimiento y perfeccionamiento de esta especie en Chile.

3. Antecedentes de la especie

3.1. Distribución geográfica y asociaciones vegetacionales

El maqui (*Aristotelia chilensis*) pertenece a un género que comprende cinco especies distribuidas en regiones templadas del Hemisferio Sur, específicamente en Australia, Nueva Zelandia, Chile y Argentina (Coode, 1985). Dentro del género, el maqui se distribuye naturalmente sólo en Chile y Argentina. En Chile se encuentra desde la Provincia de Limarí (30°30'S; 71°00'W) hasta Aysén (44°55'S; 73°35'W), alcanzando los 2500 msnm (Donoso 2006). Se desarrolla en asociación con diversos tipos forestales, incluyendo el tipo forestal esclerófilo, roble-hualo, palma chilena, ciprés de la cordillera, y más al sur con el bosque siempreverde (Donoso 2006). A partir del Inventario Forestal Nacional, Salinas y Parra (2012) indican que en Chile existen 170.000 ha de formaciones más o menos densas de maqui, que podrían ser utilizadas potencialmente para la producción de frutos en rodales naturales (Figura 3).

En Argentina la especie se distribuye en forma natural en los bosques andino-patagónicos en las Provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro y Chubut (Coode, 1985; Chebez, 1999; Alonso, 2012). Es observado comúnmente en Parques Nacionales tales como el Lanín, Nahuel Huapi y Los Alerces.

Las mejores condiciones para su crecimiento corresponden a áreas húmedas con altos niveles de materia orgánica en el suelo. Sin embargo, es posible también encontrarlo creciendo en zonas degradadas, bordes de bosques, zonas de pendiente y suelos delgados, y en zonas afectadas por incendios o en suelos sobre-explotados. Debido a esto es considerada una especie pionera, capaz de invadir rápidamente áreas con escasa vegetación, formando muchas veces comunidades monoespecíficas llamadas “macales” (Rodríguez *et al.* 1983).

El consumo de sus frutos por aves (Martin-Albarracin *et al.*, 2017) ha contribuido a la dispersión de sus semillas incluso dentro de plantaciones productivas forestales (Ramírez *et al.*, 1984; Frank y Finckh, 1997). Lamentablemente, puede convertirse en especie invasiva en determinados ambientes, como por ejemplo en el Archipiélago de Juan Fernández (Vargas *et al.* 2013).

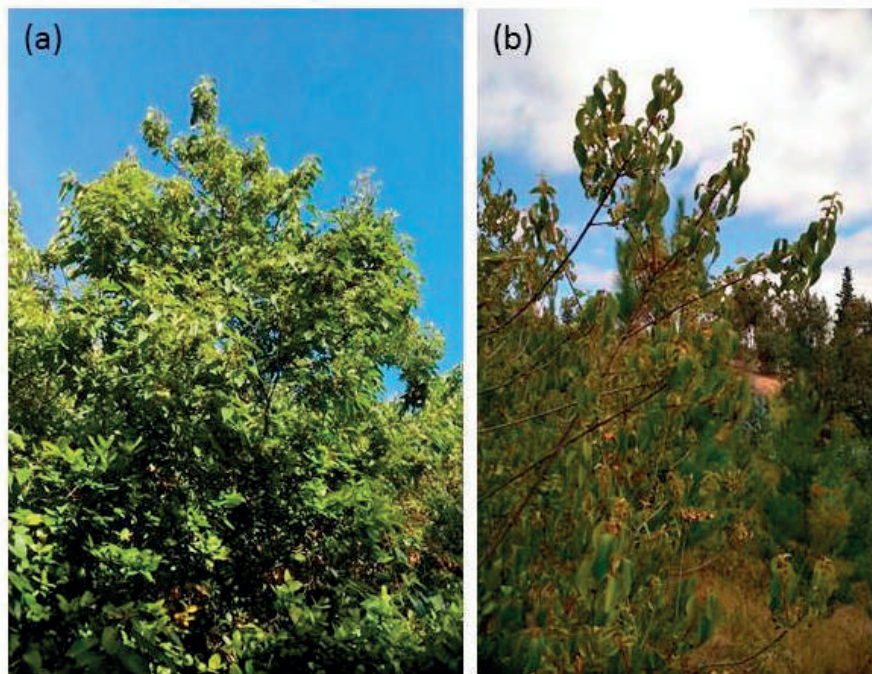


Figura 3: (a) individuo en una formación natural en la zona costera de la Región de Valparaíso; (b) individuo en la zona costera de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, colonizando zonas cercanas a plantaciones de pino radiata.

3.2. *Características botánicas y fisiológicas*

Corresponde a un árbol pequeño, siempreverde con una alta plasticidad morfológica, desarrollándose, dependiendo de las condiciones locales, como arbusto o como árbol de hasta 10 m de altura (Rodríguez *et al.* 1983) (Figura 3). Su corteza es suave y gris. Tiene hojas oval-lanceoladas, de bordes serrados y color verde claro, normalmente dispuestas de a dos, opuestas, alternas. Presenta normalmente dos cohortes de hojas; la primera en primavera, con senescencia en otoño, y la segunda en verano, con senescencia a mitad de primavera (Damasco y Prado, 2001) (Figura 4).

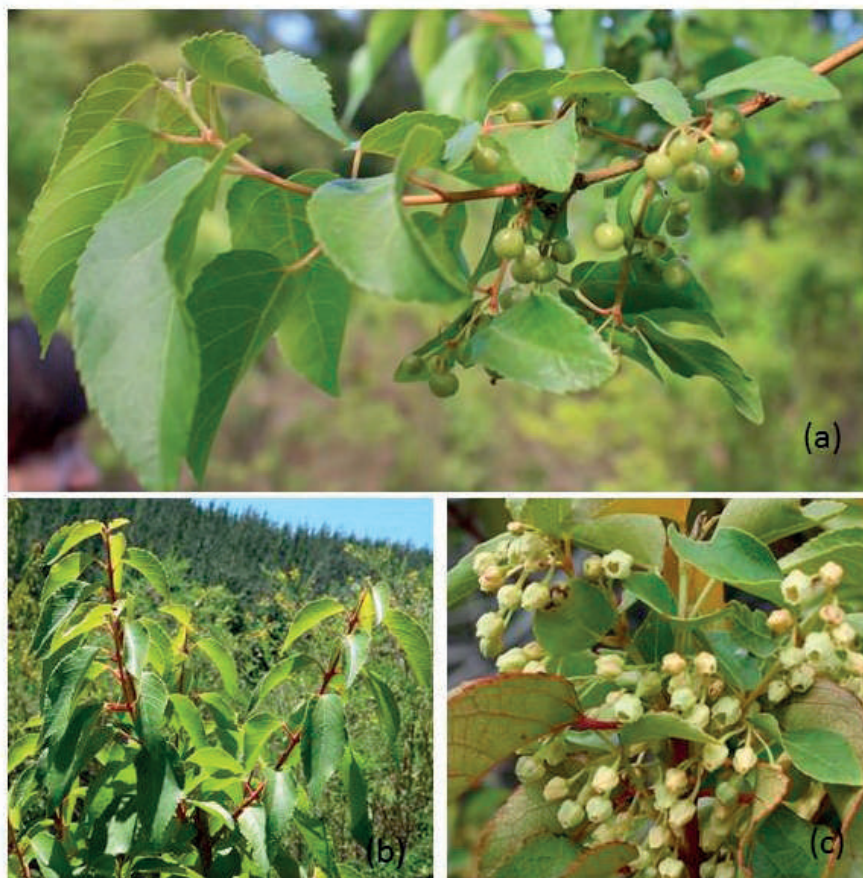


Figura 4: Detalle de (a) rama con frutos aún inmaduros, (b) hojas, (c) flores.

La especie es dioica, con flores unisexuales, presentando el aparato del sexo opuesto atrofiado (Coode, 1985; Bonometti, 2000). Las flores se organizan en umbelas, a partir de yemas axilares, y son de color amarillo pálido con cinco pétalos y cinco sépalos (Cárdenas 1998).

La floración en su distribución más septentrional y con clima más cálido, ocurre normalmente desde principios de octubre hasta finales de noviembre, mientras que en su distribución más austral, comienza a principios de noviembre hasta finales de diciembre (Riveros y Smith-Ramírez, 1995; Cárdenas 1998). A pesar de que la flor presenta una baja producción de néctar (Mora 1999), en Argentina se ha reportado que la flor de maqui tiene una significativa participación en la producción de miel (Forcone y Kutshcker, 2006).

Lo más común en maqui es encontrar polinización cruzada; en caso de autopolinización, se ha observado pérdidas de cantidad y calidad de frutos (Vogel *et al.* 2014).

El fruto es una baya negra, pequeña, de 5mm de diámetro, con una pulpa dulce y dos semillas en su interior (Rodríguez *et al.* 1983) (Figura 5), que madura durante los primeros meses del verano, al acumular 1100 días grado (Fredes *et al.* 2012). Su intenso color púrpura oscuro se debe a la alta concentración de antocianinas (Rodríguez *et al.* 1983) (Figura 5). La semilla es dispersada por aves nativas después de ingerir el fruto.

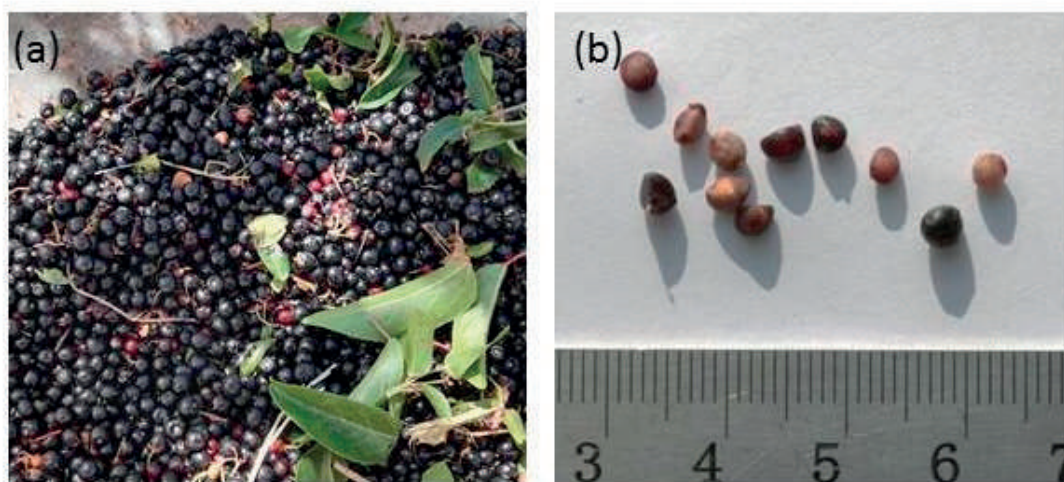


Figura 5: (a) Frutos recién cosechados; (b) semillas de maqui (escala en cm)

De acuerdo a Repetto-Giavelli *et al.* (2007), el maqui puede crecer bajo el dosel forestal o en zonas abiertas o fragmentadas, con más luz y menos disponibilidad hídrica. En este contexto la especie responde con cambios morfológicos y fisiológicos, manteniendo su tasa fotosintética. Esta plasticidad morfológica también se puede observar en individuos de distintas procedencias (Vogel *et al.*, 2014).

La planta, ante condiciones de estrés, puede sufrir modificaciones en las concentraciones de distintos componentes en las hojas y en los frutos. Es así como González-Villagra (2018a) determina en plantas de vivero, que el estrés hídrico aumenta considerablemente la concentración de ácido absísico y el contenido de antocianinas en las hojas en formación.

3.3. *Propiedades químicas del fruto de maqui*

El fruto de maqui presenta características químicas que lo hacen muy atractivo para los mercados internacionales. La principal característica de interés es su alto contenido de polifenoles y la gran variedad de antocianinas y flavonoides en sus frutos y hojas, que le otorgan una gran actividad antioxidante (Guerrero *et al.*, 2010) (Figura 6a y b).

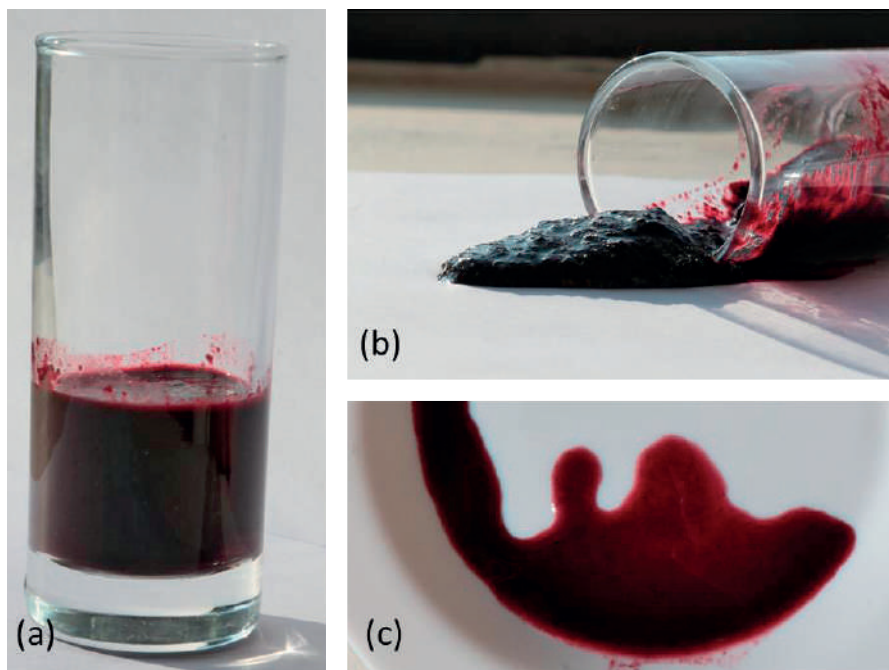


Figura 6: (a, b) Pulpa de maqui; (c) jugo de maqui mostrando su intenso color púrpura.

Además, el fruto de maqui contiene alcaloides y taninos (Montes and Wilkomirsky, 1987; Echeverría and Niemeyer, 2012).

Lo que ha llamado particularmente la atención sobre el fruto de la especie son sus altos niveles de ácidos fenólicos, proantocianidinas y antocianinas, entre otros varios flavonoides (Ruiz *et al.*, 2010), superando con sus capacidades antioxidantes a muchos otros berries (Miranda-Rottmann *et al.*, 2002; Céspedes *et al.*, 2008; Céspedes *et al.*, 2010a). Junto con el calafate (*Berberis mycophylla*), presenta la mayor concentración de fenoles y actividad antioxidante de todos los frutos de Sudamérica (Speisky *et al.*, 2012), así como uno de los más altos niveles de antocianinas (Schreckinger *et al.*, 2010a).

El maqui contiene más de 20 compuestos fenólicos, de los cuales 8 son compuestos de antocianinas, así como ácidos fenólicos y flavonoides (10 compuestos) (Céspedes *et al.*, 2010a; Genskowsky *et al.*, 2016).

De acuerdo a Fredes *et al.* (2014a y b), el fruto de maqui contiene más de 12 g equivalente de ácido gálico por kilo de fruta fresca (g GAE kg⁻¹ fruta fresca), muy por sobre el contenido de fenoles de otras especies cultivadas: dos veces más que las frutillas (*Fragaria x ananassa*), arándanos (*Vaccinium corymbosum*) y moras (*Rubus ulmifolius*). Por otra parte, Genskowsky *et al.* (2016) reportan valores de 49.74 g GAE kg⁻¹ al evaluar Contenido Total de Fenoles en frutos de maqui, con valores más altos que otros autores. La

Fundación para la Innovación Agraria (2009) ha reportado 21 g equivalentes de ácido gálico kg⁻¹ de fenoles totales, 27.6 g equivalentes de procianamidas kg⁻¹ de taninos totales, y 21.7 g de malvidinas 3-glu equivalentes kg⁻¹ total de antocianinas, muy por sobre los valores observados en arándanos.

Un aspecto interesante es la variabilidad que se observa en términos de contenido de polifenoles, dependiendo de la procedencia, genotipo, ambiente y forma de almacenamiento (Fredes *et al.* 2012), observándose diferencias de hasta 10 g GAE kg⁻¹ entre individuos de zonas más mediterráneas y en relación a individuos del sur de Chile (Fredes *et al.* 2014).

El fruto de maqui contiene además las más altas concentraciones de antocianinas reportadas en berries en Sudamérica (Schreckinger *et al.*, 2010a), entre las cuales destacan las delfinidinas (8 diferentes), con capacidad para regular la glucosa de la sangre (Céspedes *et al.* 2010b; Rojo *et al.*, 2012).

Su fama de especie con una extraordinaria capacidad antioxidante (expresada en ORAC: Oxygen Radical Absorbance Capacity), es decir, capacidad de prevenir el daño oxidativo sobre el ADN, lípidos y otras moléculas (García *et al.* 2001), se debe a que presenta 19850 $\mu\text{mol ET } 100 \text{ g}^{-1}$ fruto fresco (ET, equivalentes Trolox), sólo superado por el calafate (*Berberis microphylla*) con valores de 25662 $\mu\text{mol ET } 100 \text{ g}^{-1}$ fruto fresco. En cambio, el arándano presenta sólo 5481 $\mu\text{mol ET } 100 \text{ g}^{-1}$ fruto fresco, un poco más de un cuarto del valor del maqui. Esto le ha valido la fama de ser el fruto con la mayor capacidad antioxidante en Sudamérica (Gironés-Vilaplana *et al.*, 2014a).

4. Manejo productivo

La producción actual de maqui se basa en recolección de frutos en formaciones silvestres del sur de Chile. Estos son normalmente vendidos a intermediarios, quienes los comercializan a distintos actores del mercado, o exportan directamente.

La creciente demanda nacional e internacional generó la inquietud por proteger las formaciones naturales de maqui, ya que la recolección se hace sin planes de manejo, y con cortas indiscriminadas de vástagos para facilitar la cosecha de los pequeños frutos.

Debido a esto, el año 2012 se comenzó con un programa de selección de genotipos que presentaran alta calidad en cuanto a las concentraciones de antioxidantes en sus frutos, dentro de la distribución natural de la especie.

Hoy existen plantaciones donde se están probando más de 50 clones (Fundación Chile 2012), así como diversas iniciativas de productores, que han comenzado sus propias plantaciones de maqui. Diversas instituciones se han concentrado en los últimos años en estudiar estrategias de manejo adecuado de la especie en condiciones de cultivo. Probablemente, en un futuro cercano, las exportaciones de maqui basadas en cultivos comerciales aumentarán considerablemente.

La siguiente sección trata del estado del arte en propagación de la especie y las prácticas de manejo estudiadas hasta el momento.

4.1. Selección y obtención de las plantas

El maqui es una especie dioica, que generalmente presenta flores masculinas y femeninas separadas en distintos individuos, por lo que depende de la fecundación cruzada para el desarrollo de los frutos (Vogel *et al.* 2014). Esta característica, en conjunto con la propagación vía semilla, favorecida principalmente por las aves silvestres, garantiza una gran variabilidad genética en sus poblaciones naturales (Salgado *et al.* 2017).

Para iniciar una plantación productiva, es importante partir de plantas madres sanas, que además garanticen una alta producción frutal en el huerto. También debe considerarse incluir en el huerto frutal un porcentaje de individuos masculinos, que garanticen una adecuada polinización de las plantas femeninas.

Por ende, es muy importante poder distinguir las plantas femeninas de las plantas masculinas. Esto se logra en el momento de la floración que se inicia a comienzos de primavera, más tempranamente al norte de la distribución de la especie y más tardíamente hacia el sur. Las plantas masculinas presentan flores con estambres bien desarrollados, mientras que las flores de las plantas femeninas poseen un gineceo cuyo estigma bifido sobresale de la corola (Figura 7).



Figura 7: Flores femeninas (izquierda) y flores masculinas (derecha), con respectivo detalle.

Para garantizar el éxito de la plantación es preferible explorar poblaciones de maqui silvestres cercanas a la futura plantación, ya que crecieron bajo condiciones climáticas similares. Una vez identificadas las plantas de distinto sexo, conviene elegir individuos femeninos que presenten una alta carga frutal.

También existe la posibilidad de adquirir plantas de maqui en viveros comerciales especializados, lo que garantizaría obtener un material que fue seleccionado por sus características frutales, de rendimiento y adaptación a diferentes situaciones (Vogel *et al.* 2016).

4.2. Propagación de la especie

El maqui en la naturaleza se propaga fácilmente vía semilla, lo que se traduce en una gran variabilidad genética en sus poblaciones silvestres. Pero cuando se planea un cultivo productivo de esta especie, se requiere un material que asegure altos y homogéneos rendimientos, además de contar una adecuada proporción de individuos de distinto sexo. Ello se logra a través de una propagación asexual de individuos, seleccionados en base a sus características.

4.2.1 Métodos de propagación

La propagación por esquejes o estacas es la forma más simple para obtener en el corto tiempo plantas capaces de ser trasladadas a cultivo. Esto puede realizarse en cualquier momento del año siendo preferible en época otoñal. Conviene usar material semileñoso que se reduce a unos 15 cm de longitud con 2 a 3 hojas apicales pequeñas o cortadas por la mitad (Vogel *et al.* 2008). El enraizamiento conviene realizarlo en cama caliente y con aplicación de hormona enraizante para aumentar el éxito en la propagación (Figuras 8 y 9).



Figura 8: Propagación vegetativa por estacas en cama caliente.



Figura 9: Plantas de maqui enraizadas por estacas.

El cultivo *in vitro* es otra metodología de propagación asexual que permite obtener gran cantidad de plantas sanas de un mismo material genético (Figura 10). A pesar de ser un método más costoso que la propagación por estacas, se obtiene una mayor tasa de multiplicación en el corto tiempo. Existen laboratorios que se dedican a esta tecnología y prestan el servicio.



Figura 10: Propagación *in vitro* de maqui.

4.3. Cultivo

Las poblaciones silvestres de maqui se encuentran en un amplio espectro de distribución, creciendo en diferentes condiciones climáticas y edáficas. Sin embargo al planificar una plantación comercial conviene contar con un suelo profundo con buen drenaje. Además, es importante asegurar el riego de la plantación durante la época estival, especialmente durante el cuajado y maduración de los frutos. Deben evitarse sitios con peligro de heladas tardías o contar con un sistema de control de las mismas, ya que las mismas pueden afectar las plantas durante la brotación y floración, perdiéndose la producción del año.

El momento más favorable para la plantación es en otoño, para que las plantas desarrollen su sistema radical antes de iniciar el crecimiento aéreo en primavera (Vogel *et al.* 2008). La densidad de la plantación dependerá del hábito de crecimiento de la planta y de las labores que se efectúen en el cultivo. Plantas de crecimiento vigoroso requerirán ser plantadas a mayor distancia sobre la línea que plantas de crecimiento más restringido. El tipo de labores que se efectuarán en la plantación y el ancho de la maquinaria a utilizar, determinarán la distancia entre líneas.

4.4. Poda

El maqui tiende a ramificarse profusamente desde la base de la planta. Por ello podrá ser necesario, en los casos en que el cultivo se destine a cosecha mecánica, formar un arbolito de un solo eje podando las ramificaciones basales.

Durante la floración y el cuajado de frutos se diferencian las yemas florales que formarán los frutos durante la próxima temporada. Estas yemas florales se ubican sobre los brotes vegetativos que continúan el crecimiento en largo de las ramas portadoras de frutos (Vogel *et al.* 2014). En consecuencia, la zona de fructificación de la planta se va alejando de la base de la misma en años sucesivos (Figura 11).

Para mantener una producción sustentable es recomendable renovar continuamente la plantación. Esto se logra podando 1/3 a 1/4 de las ramas principales de la planta durante la época de receso. En plantas de crecimiento muy vigoroso puede ser recomendable realizar despuntes en primavera, pellizcando la yema apical de las ramas principales (Doll *et al.* 2017).



Figura 11: Planta de maqui de cuatro años cultivada en Panguilemo, Región del Maule.

4.5. Cosecha

Tradicionalmente la cosecha en los macales nativos se realiza cortando las ramas enteras y sacudiéndolas luego sobre una superficie recolectora, para que se desprendan los frutos de maqui. Sin embargo, esta técnica no

es la adecuada ya que se pierde la producción de la temporada siguiente (Vogel *et al.* 2014).

Debido al pequeño tamaño de los frutos de maqui, la cosecha manual se recomienda solo a nivel de pequeños huertos familiares. Plantaciones de tamaño reducido pueden ser cosechadas con cosechadoras portátiles, utilizadas para la cosecha de olivos, mientras que para grandes plantaciones deberá usarse maquinaria adaptada al cultivo (Figura 12).



Figura 12: Cosecha de maqui con cosechadora portátil (izquierda) y con cosechadora autopropulsada (derecha).

4.6. *Poscosecha*

Para asegurar la calidad del producto cosechado deberán cuidarse las condiciones de almacenamiento y transporte de los frutos de maqui. El fruto refrigerado a 5°C mantiene sus propiedades sólo por 4 a 5 días, mientras el material congelado a -20°C puede ser guardado hasta por 6 meses (González *et al.* 2015).

5. Usos

5.1. *Productos comestibles*

El maqui ha sido consumido tradicionalmente por los habitantes originarios en Chile, existiendo evidencias de su uso como bebida fermentada ya entre el 1000 a 1300 dC (Godoy-Aguirre, 2018). Su consumo como fruto silvestre es parte de la cultura local.

En los últimos años, la creciente demanda por productos ricos en antioxidantes y la búsqueda de frutos exóticos o nuevas alternativas alimenticias, puso en relevancia mundial al maqui, aumentando considerablemente su demanda.

Como fruto bioactivo, Gironés-Vilaplana *et al* (2012) indican que el extracto de fruto de maqui es reconocido por su riqueza en flavonoides y vitamina C, y su capacidad de mantener sus propiedades antioxidantes bajo condiciones de almacenamiento.

Por otra parte, su intenso tinte azul oscuro ha sido usado desde tiempos inmemoriales como colorante de jugos de frutas y bebidas alcohólicas, convirtiéndolo en un excelente colorante natural (Fernández 1998, Escribano-Bailón *et al.* 2006). Su extracto como colorante se puede obtener a partir de técnicas artesanales de arrastre por vapor que permite mantener sus propiedades antioxidantes (Araneda *et al.*, 2014).

El maqui está siendo utilizado en diferentes formatos (Céspedes *et al.*, 2008; Céspedes *et al.*, 2010b; Alonso 2012; Gironés-Vilaplana *et al.*, 2014b; Gironés-Vilaplana *et al.*, 2015, , variadas fuentes promoviendo productos de maqui en el mercado), a saber, formato líquido, en polvo o en cápsulas. :

- *Formato líquido:*
 - o jugos a base de maqui, a menudo mezclado con otras frutas tales como el açaí, granada, rosa mosqueta, naranjas, arándanos y cranberries, entre otros
 - o concentrado de jugo de maqui
 - o bebida isotónica
 - o infusión en base a fruto deshidratado
 - o polvo liofilizado que conserva el sabor, color, olor y propiedades nutricionales, y que es utilizado entre otras cosas para reconstituir jugos
 - o Licor de maqui fermentado (sin pérdida de la actividad antioxidante del fruto)

- *Formato en polvo:*
 - o Como polvo liofilizado para uso en alimentación
- *Formato en cápsulas:*
 - o Como suplemento alimenticio y regulador de glucosa

De acuerdo a Genskowsky *et al.* (2016), el maqui tiene un gran potencial no solo directamente como alimento, sino que también como ingrediente de otros alimentos, actuando como bio-preservante, dada sus altas cantidades de compuesto polifenólicos y sus prometedoras capacidades antibacterianas.

Se deben tomar precauciones en su procesamiento, ya que según diversos investigadores (Brauch *et al.* 2015; Brauch *et al.* 2016; Guerrero *et al.* 2016; Rodríguez *et al.* 2016), el secado del fruto sobre 40°C, o la producción de jugos, puede disminuir sustancialmente los componente bioactivos y reducir la capacidad antioxidante del producto (en incluso más del 24%), por lo que se recomienda el procesamiento bajo condiciones frías y oscuras.

5.2. *Usos en medicina humana*

En el ámbito medicinal, maqui ha sido usado desde tiempos inmemoriales en la medicina tradicional de los pueblos originarios de Chile. En medicina tradicional, se usa como relajante sobre la musculatura lisa, anti-inflamatorio, antiespasmódico, cicatrizante, antidiarreico, astringente, calmar dolencias en la faringe e inflamación de amígdalas, el alivio de úlceras bucales, contra la fiebre y la disentería (Fernández 1998; Molaes y Ladio 2009).

Actualmente su potencial medicinal ha despertado fuertemente el interés de investigadores nacionales e internacionales, por lo cual está siendo investigado para una amplia gama de usos. A continuación se presentan algunas de las líneas de investigación en el uso de compuestos activos del fruto de maqui en medicina humana, o de sus efectos medicinales (Tabla 1),

Tabla 1: Propiedades de maqui en medicina humana

<i>Propiedades o usos bajo investigación de compuestos activos del fruto</i>	<i>Referencia</i>
Actividad cardioprotectora (compuestos fenólicos)	Céspedes <i>et al.</i> 2008
Prevenir disfunción endotelial (flavonoides)	Miranda-Rottmann <i>et al.</i> 2002; Fuentes <i>et al.</i> 2015
Enfermedades cardíacas	Miranda-Rottmann <i>et al.</i> 2002; Fuentes <i>et al.</i> 2015
Inhibir acumulación de lípidos	Schreckinger <i>et al.</i> , 2010b; Céspedes <i>et al.</i> , 2010b
Anti-inflamatorio	Schreckinger <i>et al.</i> , 2010b; Céspedes <i>et al.</i> , 2010b
Poder fitofarmacéutico en contra del Alzheimer	Gironés-Vilaplana <i>et al.</i> , 2012
Demencia senil	Gironés-Vilaplana <i>et al.</i> , 2012
Enfermedad de Parkinson	Gironés-Vilaplana <i>et al.</i> , 2012
Inhibir enzimas relacionadas con el metabolismo de carbohidratos	Rubilar <i>et al.</i> 2011
Reducir problemas de obesidad	Reyes-Farías <i>et al.</i> , 2014
Efecto terapéutico sobre desórdenes inflamatorios	Céspedes <i>et al.</i> 2017
Podría ser usado como agente anti estrés oxidativo	Céspedes <i>et al.</i> 2017
Podría aumentar la resistencia a problemas respiratorios y disminuir el estrés oxidativo en pacientes fumadores	Vergara <i>et al.</i> 2015
Capacidad para regular glucosa en reacciones metabólicas a nivel del hígado y del sistema muscular (delfinidinas)	Jara <i>et al.</i> , 2012; Rojo <i>et al.</i> , 2012
Prevenir enfermedades a la retina reduciendo muerte de células de la retina por daño por luz (delfinidinas)	Tanaka <i>et al.</i> 2013
Para la recuperación de la producción de lágrimas	Nakamura <i>et al.</i> 2014
Reducir el riesgo de arterioesclerosis (delfinidinas)	Watson and Schönlaui, 2015
Fotoprotector contra enfermedades de la piel (delfinidinas)	Watson and Schönlaui, 2015
Propiedades antidiabéticas	Schrenking <i>et al.</i> 2012

No sólo el fruto ha sido usado en medicina humana. Las hojas tradicionalmente eran usadas para combatir problemas a la garganta, para curación de heridas y contra tumores, con propiedades analgésicas, anti-inflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes (Farías 2009). Hoy en día diversas propiedades están siendo investigadas. Sin embargo, existe preocupación por los potenciales efectos secundarios negativos de su uso, como el efecto nocivo de los flavonoides de las hojas sobre los eritrocitos humanos (Suwalsky *et al.*, 2008).

Al igual que el fruto, las hojas de plantas creciendo bajo fuerte estrés hídrico presentan mayor concentración de antocianinas (González-Villagra *et al.*, 2018). Esto corrobora el potencial productivo en el área medicinal de formaciones naturales localizadas en zonas mediterráneas bajo mayor estrés hídrico, que los macales más productivos del sur de Chile.

En la Tabla 2 se presenta un compendio de los usos medicinales de las hojas que han sido estudiados en los últimos años.

Tabla 2: Usos de las hojas en medicina humana.

<i>Propiedades o usos bajo investigación de compuestos activos de las hojas</i>	<i>Referencia</i>
Como antioxidante natural	Avello <i>et al.</i> , 2009
Agente antimicrobiano (con efecto inhibidor sobre <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , y <i>Candida albicans</i>)	Avello <i>et al.</i> , 2009
Agente antibacteriano contra <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Bacillus subtilis</i>	Mølgaard, 2011
Propiedades analgésicas de extractos de hoja de hexano (EH, 3.5%p/v), dichlorometano (EDCM, 4.5%p/v) y extractos de metanol (EM, 2.7%p/v)	Farías (2009)
Potencial inhibidor de acetilcolinesterasa, butiracolinesterasa y tirosinasa, con potencial como tratamiento fitoterapéutico contra el deterioro colinérgico, evitando así los efectos colaterales de las drogas sintéticas	Céspedes <i>et al.</i> 2017

5.3. *Productos cosméticos*

Sus propiedades antioxidantes también han llamado la atención del mundo de la cosmética. Se le atribuyen propiedades de recuperación de tejidos, ralentizando el envejecimiento de la piel y consiguiendo una significativa mejora en la firmeza, elasticidad y grosor epitelial, dada su alta concentración de delfinidinas (Scapagnini *et al.* 2016, Alvim *et al.* 2018).

Esto ha derivado en una creciente cantidad de productos de belleza en el mercado nacional e internacional que indican contener extractos de maqui. Así es posible encontrar cremas de mano, rostro y cuerpo, serum facial, shampoo, gel, aceites cosméticos, protectores labiales, tratamientos de barro con extractos de maqui, máscaras de belleza y jabones, entre otros. En muchas de sus presentaciones, el maqui viene combinado con extracto de açai, rosa mosqueta, vitamina C y colágeno, entre otros, combinando de esta manera las propiedades de distintos compuestos.

En un análisis del avisaje de productos en internet, se puede constatar que el maqui en polvo, el extracto de maqui, o el maqui en formulaciones

cosméticas, es ofrecido por empresas en Chile, Alemania, Inglaterra, Korea, Holanda, Francia y Japón, entre otros países.

6. Mercado

El mercado actual del maqui en Chile comprende industrias locales donde se procesa maqui para jugo, maqui en polvo o en otros formatos; en tanto el mercado internacional, al cual el maqui es exportado, se encuentra a granel congelado, deshidratado, en polvo o como jugo concentrado (Salinas *et al.*, 2012).

Dentro de los principales mercados internacionales de maqui en la actualidad se encuentran Japón, Korea del Sur, Italia, Estados Unidos de Norteamérica, Alemania, Australia, Dinamarca, Francia, Brasil, Argentina y Suiza, entre otros (ODEPA, 2015; Romo, 2016).

Las exportaciones han ido aumentando sostenidamente desde la primera exportación de 10 ton realizada el año 1996. El año 2016 se exportaron 433 ton por 10.000 USD, principalmente a Japón, Korea del Sur, Italia, Estados Unidos de Norteamérica y Alemania (ProChile 2017). Permanentemente aparecen nuevos commodities basados en maqui en el mercado internacional, correlacionado con el permanente aumento de las exportaciones chilenas (ODEPA, 2017).

Maqui ha sido catalogado como alimento seguro para el consumo humano en Estados Unidos de Norteamérica (Benatrehina *et al.* 2018), lo que ha aumentado su demanda no sólo en este país, sino en otros a partir de esta información. Se pronostica, por lo tanto, un mercado cada vez más interesante para la especie.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la especie es objeto de interés por parte de productores extranjeros, y ya se observa una creciente oferta de plantas en viveros de distintos países (en base a revisión de diferentes páginas en internet).

Esto implica que Chile debe estar atento a aprovechar sus ventajas comparativas, por la vía de mejorar el manejo sustentable de sus formaciones naturales, y por otra parte, continuar aprovechando la variabilidad genética de la especie para seleccionar de las distintas formaciones naturales, los mejores genotipos para su cultivo agronómico, tal como ya se está haciendo (Figura 13).



Figura 13: Oportunidades de mercado para el maqui.

7. Conclusiones

De lo observado en el mercado nacional e internacional, con una creciente demanda en general para los frutos considerados “súper-frutos” por sus atributos funcionales, se concluye que el mercado del maqui está en plena etapa de expansión. Chile debe capitalizar este momento aumentando la producción, pero eso implica desarrollar fuertemente mejoras tecnológicas.

Por una parte, se debe mejorar el manejo de las poblaciones silvestres y desarrollar una normativa que proteja a los macales silvestres de su sobre-explotación, ya que actualmente las cosechas se realizan en muchos casos talando los vástagos cargados de frutos, sin consideración alguna de manejo sustentable.

Por otra parte, el desarrollo que se está dando en el área de la producción del maqui promete ser una fuente futura de producción tecnificada de sus frutos. Su alta variabilidad genética y ecológica ha permitido encontrar genotipos más productivos y con altos contenidos de antioxidantes; la especie es fácil de propagar vegetativamente, por lo que se pueden establecer cultivos clonales a partir de cultivo *in vitro* y/o propagación vegetativa. La especie permite podas y reacciona adecuadamente a ellas, permitiendo aumentar la producción por planta mediante un manejo de la copa.

La creciente investigación internacional en términos de propiedades químicas de la especie, de sus propiedades medicinales y otros usos, plantea el desafío país de considerar no sólo ser productores primarios, sino que

abordar la elaboración de productos con mayor valor agregado y a base de maqui, de tal forma que sea posible rentabilizar más el recurso.

El aporte que puede hacer el maqui, por la vía de combinar su cultivo con el uso eficiente de aguas colectadas con sistemas de captación de aguas lluvias, como los probados en el presente proyecto, puede convertirse en una alternativa productiva de alto impacto en la economía rural.

8. Referencias

Alonso JR, 2012. Maqui (*Aristotelia chilensis*): un nutraceutico chileno de relevancia medicinal. Revista de Farmacología de Chile, 5, 95-100

Alvim F, Addor SA, Vieira JC, Melo CSA, 2018. Improvment of dermal parameters in aged skin after oral use of a nutrient supplement. Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology, 11, 195 – 201.

Araneda X, Quilamán E, Martínez M., Morales D, 2014. Elaboración y evaluación de jugo de maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) por arrastre de vapor. Scientia Agropecuaria, 5, 149-156

Avello M, Valdivia R, Sanzana R, Mondaca MA, Mennickent S, Aeschlimann V, Bittner M, Becerra J, 2009. Extractos antioxidantes y antimicrobianos de *Aristotelia chilensis* y *Ugni molinae* y sus aplicaciones como preservantes en productos cosméticos. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 8, 479-486

Benatrehina PA, Pan L, Naman CB, Li J, Kinghorn AD, 2018. Usage, biological activity, safety of selected botanical dietary supplements consumed in the United States. Journal of Traditional and Complementary Medicine, 8, 267-277

Bonometti C, 2000. Aspectos reproductivos en flores de maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz). Thesis, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

Brauch JE, Buchweitz M, Schweiggert RM, Carle R, 2016. Detailed analyses of fresh and dried maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) berries and juice. Food Chemistry, 190, 308-316.

Brauch JE, Kroner M, Schweiggert RF, Carle R (2015) Studies into the stability of 3--Glycosylated and 3,5-O-Diglycosylated anthocyanins in differently purified liquid and dried maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) preparations during storage and thermal treatment. Journal of Agriculture and Food Chemistry 63, 8705–8714, <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03471>

Cárdenas C, 1998. Aspectos de la morfología floral, producción de néctar y fructificación en *Berberis darwinni* Hook., *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz, y *Ugni molinae* Turcz. Thesis, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

Céspedes C, Alarcón J, Avila J, Nieto, A, 2010a. Anti-inflammatory Activity of *Aristotelia chilensis* Mol. (Stuntz) (Elaeocarpaceae). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 9, 91-99

Céspedes CL, Balbontín C, Avila JG, Domínguez M, Alarcón J, Paz C, Burgos V, Ortiz L, Peñaloza-Castro I, Seigler DS, Kubo I, 2017. Inhibition of cholinesterase and tyrosinase by alkaloids and phenolics from *Aristotelia chilensis* leaves. Food and Chemical Toxicology 109: 984–995, [https://doi: 10.1016/j.fct.2017.05.009](https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.05.009)

Céspedes C, El-Hafidi M, Pavon N, Alarcon J, 2008. Antioxidant and cardioprotective activities of phenolic extracts from fruits of Chilean blackberry *Aristotelia chilensis* (Elaeocarpaceae), Maqui. Food Chemistry, 107, 820-829, [https://doi: 10.1016/j.foodchem.2007.08.092](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.092)

Céspedes CL, Pavon N, Domínguez M, Alarcón J, Balbontín C, Kubo I, El-Hafidi M, Avila JG, 2017. The Chilean superfruit black-berry *Aristotelia chilensis* (Elaeocarpaceae) Maqui as mediator in inflammation-associated disorders. Food and Chemical Toxicology, 108, 438–450, [https://doi: 10.1016/j.fct.2016](https://doi.org/10.1016/j.fct.2016)

Céspedes C, Valdez-Morales M, Avila J, El-Hafidi M, Alarcón J, Paredes-López O, 2010b. Phytochemical profile and the antioxidant activity of Chilean wild black-berry fruits, *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (Elaeocarpaceae). Food Chemistry 119, 886-895, [https://doi: 10.1016/j.foodchem.2009.07.045](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.045).

Chebez JC, 1999. Los que se van. Especies argentinas en peligro. Ed. Albatros, Buenos Aires, Argentina

CoodeMJ, 1985. *Aristotelia* and *Vallea*, closely related in Elaeocarpaceae. Kew Bulletin, 40, 479-507

Damascos MA, Prado CH, 2001. Leaf phenology and its associated traits in the wintergreen species *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (Elaeocarpaceae). Revista Chilena de Historia Natural, 74, 805-815, [https://doi:10.4067/S0716-078X2001000400008](https://doi.org/10.4067/S0716-078X2001000400008)

Doll U, Mosqueira D, Mosqueira J, González B, Vogel H, 2017. Pruning maqui (*Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz) to optimize fruit production. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 6, 10-14, [https://doi:10.3390/antiox6010010](https://doi.org/10.3390/antiox6010010)

Donoso C, 2006. Las especies de los bosques templados de Chile y Argentina, Autoecología. Marisa Cuneo Ediciones, Valdivia

Echeverría J, Niemeyer HM, 2012. Alkaloids from the native flora of Chile: a review. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 11, 291-305

Escribano-Bailón MT, Alcalde-Eon C, Muñoz O, Rivas-Gonzalo J, Santos-Buelga C, 2006. Anthocyanins in Berries of Maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz). Phytochem Analysis, 17, 8-14, <https://doi.org/10.1002/pca.872>

Farías M, 2009. Determinación de los mecanismos involucrados en la actividad analgésica de las hojas de *Aristotelia chilensis* en un modelo de dolor térmico agudo. Thesis, Universidad de Chile, Santiago, Chile

Fernández MP, 1998. Plantas Medicinales. In: J. Campos (Ed), Productos Forestales No Madereros. Serie Forestal N°10 FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italy, pp. 29-38

Forcone A, Kutschker A, 2006. Floración de las especies de interés apícola en el noreste de Chubut, Argentina. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie, 151-157

Frank D, Finckh M, 1997. Impactos de las plantaciones de pino oregón sobre la vegetación y el suelo en la zona centro-sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 70, 191-211

Fredes C, Montenegro G, Zoffoli JP, Gómez M, Robert P, 2012. Polyphenol content and antioxidant activity of maqui (*Aristotelia chilensis* Molina Stuntz) during fruit development and maturation in Central Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 72, 582-589, <https://doi.org/10.4067/S0718-58392012000400019>.

Fredes C, Montenegro G, Zoffoli JP, Santander F, Robert P, 2014a. Comparison of the total phenolic content, total anthocyanin content and antioxidant activity of polyphenol-rich fruits grown in Chile. Ciencia e Investigación Agraria, 41, 49-60, <https://doi.org/10.4067/S0718-16202014000100005>

Fredes C, Yousef G, Robert P, Grace M, Lila MA, Gómez M, Gebauer M, Montenegro G, 2014b. Anthocyanin profiling of wild maqui berries (*Aristotelia chilensis* [Mol.] Stuntz) from different geographical regions in Chile. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94, 2639-2648, <https://doi.org/10.1002/jsfa.6602>.

Fuentes O, Céspedes C, Sepúlveda R, 2015. *Aristotelia chilensis*, rutin and quercetin amilorates acute vascular endothelial dysfunction in rat thoracic aorta exposed to oxidative stress. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 14, 11-20

Fundación Chile (17th August 2012) Comunicado de Maqui. Disponible en <http://www.fundacionchile.com/> (Revisado 19.12.2015)

Fundación para la Innovación Agraria, 2009. Resultados y lecciones en productos agroindustriales ricos en antioxidantes a base de berries nativos. Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario, Fundación para la Innovación Agraria – Ministerio de Agricultura, Santiago de Chile

García L, García LV, Rojo D, Sánchez E, 2001. Plantas con propiedades antioxidantes. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, 20, 231-235

Genskowsky, E., Puente, L. A., Pérez-Álvarez, J. A., Fernández-López, J., Muñoz, L. A., & Viuda-Martos, M, 2016. Determination of polyphenolic profile, antioxidant activity and antibacterial properties of maqui [*Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz] a Chilean blackberry, Journal of the Science of Food and Agriculture, 96, 4235-4242, <https://doi.org/10.1002/jsfa.7628>

Gironés-Vilaplana A, Baenas N, Villaño D, Speisky H, García-Viguera C, Moreno D, 2014a. Evaluation of Latin-American fruits rich in phytochemicals with biological effects. Journal of Functional Foods, 7, 599-608, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.12.025>

Gironés-Vilaplana A, Calín-Sánchez A, Moreno D, Carbonell-Barrachina A, García-Viguera C, 2015. Novel maqui liquor using tradicional pacharán processing. Food Chemistry, 173, 1228-1235, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.062>

Gironés-Vilaplana A, Mena P, Moreno DA, García-Viguera C, 2014b. Evaluation of sensorial, phytochemical and biological properties of new isotonic beverages enriched with lemon and berries during shelf life. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94, 1090–1100, <https://doi.org/10.1002/jsfa.6370>

Gironés-Vilaplana A, Valentao P, Moreno D, Ferreres F, García-Viguera C, Andrade P, 2012. New Beverages of Lemon Juice Enriched with the Exotic Berries Maqui, Açaí, and Blackthorn: Bioactive Components and in Vitro Biological Properties. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 60, 6571-6580, <https://doi.org/10.1021/jf300873k>

Godoy-Aguirre C, 2018. Evaluando el procesamiento vegetal y la elaboración de bebidas fermentadas en un contexto El Vergel de Isla Mocha

(1000–Echever1300 d.C.). Chungará, Revista de Antropología Chilena, 50, 107-120, <https://doi.org/10.4067/S0717-73562018005000401>

González B, Vogel H, Razmilic I, Wolfram E, 2015. Polyphenol, anthocyanin and antioxidant content in different parts of maqui fruits (*Aristotelia chilensis*) during ripening and conservation treatments after harvest. Industrial Crops and Products, 76, 158-165, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.038>

González-Villagra J, Cohen JD, Reyes-Díaz MM, 2018a. Absciscic acid is involved in phenolic compounds biosynthesis, mainly anthocyanins, in leaves of *Aristotelia chilensis* (Mol.) plants subjected to drought stress. Physiologia Plantarum 2018, <https://doi.org/10.1111/ppl.12789>

González-Villagra J, Rodrigues-Salvador A, Nunes-Nesi A, Cohen JD, Reyes-Díaz MM, 2018. Age-related mechanism and its relationship with secondary metabolism and absciscic acid in *Aristotelia chilensis* plants subjected to drought stress. Plant Physiology and Biochemistry, 124, 136–145, <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.01.010>

Guerrero B, 2016. Bioaccesibilidad de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante de maqui (*Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz), secado por convección y liofilización. Undergraduate Thesis, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

Guerrero J, Ciampi L, Castilla A, Medel F, Schalchli H, Hormazabal E, Bensch E, Alberdi M, 2010. Antioxidant capacity, Anthocyanins, and Total phenols of wild and cultivated berries in Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 70, 537-544

Jara E, Hidalgo J, Flores C, Pérez M, Yáñez A, Hidalgo A, Quiñones L, Hancke J, Burgos R, 2012. Estudio de un extracto estandarizado de maqui rico en delfinidinas en el mantenimiento del balance de glucosa. Revista Farmacológica de Chile, 5, 27-34

Martin-Albarracin V, Nuñez MA, Amico GC, 2017. Non-redundancy in seed dispersal and germination by native and introduced frugivorous birds: implications of invasive bird impact on native plant communities. Biodiversity and Conservation, <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1629-4>

Miranda-Rottmann S, Aspillaga A, Pérez D, Vasquez L, Martinez A, Leighton F, 2002. Juice and Phenolic Fractions of the Berry *Aristotelia chilensis* Inhibit LDL oxidation in vitro and protect human endothelial cells against oxidative stress. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 7542-7547, <https://doi.org/10.1021/jf025797n>.

Molares S, Ladio A, 2009. Ethnobotanical review of the Mapuche medicinal flora: Use patterns on a regional scale. *Journal of Ethnopharmacology* 122: 251 – 260

Mølgaard P, Gitz Holler J, Betül A, Liberna I, Bakkestrøm R, Ploug Jebjerg C, Jørgensen L, Lauritzen J, Guzman A, Adsersen A, Toft Simonsen H, 2011. Antimicrobial evaluation of Huilliche plant medicine used to treat wounds. *Journal of Ethnopharmacology*, 138, 219-227, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.09.006>.

Montes M, Wilkomirsky T, 1987. *Medicina Tradicional Chilena*. Editorial de la Universidad de Concepción, Chile.

Mora A, 1999. Producción de néctar por flores de maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) y entomofauna asociada a su polinización. Thesis. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

Nakamura S, Tanaka J, Imada T, Shimoda H, Tsubota K, 2014. Delphinidin 3.5-O-diglucoside, a constituent of the maqui berry (*Aristotelia chilensis*) anthocyanin, restores tear secretion in a rat dry eye model. *Journal of Functional Foods*, 10, 346-354, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.06.027>

ODEPA – Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, 2015, November 20. Exportaciones de maqui chileno suben 168% y alcanzan los US\$4,4 millones entre enero y septiembre. *Economía y Negocios*. Disponible en <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=202505> (Revisado 30. 11. 2015)

ODEPA – Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, 2018. Boletín de frutas y hortalizas procesadas. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/> (Revisado 20.11.2018)

ODEPA – Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, 2017. Boletín de frutas y hortalizas procesadas. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/> (Revisado 13.06.2019)

ProChile 2017. Tendencias del mercado: Maqui en Alemania. ProChile Hamburgo. 25 pp.

Ramírez C, Figueroa H, Carrillo L, Contreras D, 1984. Estudio fitosociológico de los estratos inferiores en un bosque de pino (Valdivia, Chile), *Bosque*, 5, 65-81

Repetto-Giavelli F, Lohengrin C, Simonetti J, 2007. Respuestas foliares de *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz (Elaeocarpaceae) a la fragmentación del bosque maulino. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80, 469-477, <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2007000400008>

Reyes-Farías M, Vásquez K, Ovalle-Marín A, Fuentes F, Parra C, Quitral V, Jimenez P, García-Díaz D, 2014. Chilean native fruits extracts inhibit inflammation linked to the pathogenic interaction between adipocytes and macrophages. *Journal of Medicinal Food*, 18, 1-8, [https://doi: 10.1089/jmf.2014.0031](https://doi.org/10.1089/jmf.2014.0031)

Riveros M, Smith-Ramírez C, 1995. Patrones de floración y fructificación en bosques del sur de Chile. In: Armesto JJ, Villagrán C and Arroyo MK (Eds), *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, pp. 235-245

Rodríguez K, Ah-Hen KS, Vega-Gálvez A, Vásquez V, Quispe-Fuentes I, Rojas P, Lemus-Mondaca R, 2016. Changes in bioactive components and antioxidant capacity of maqui, *Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz, berries during drying. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 537-542, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.050>

Rodríguez R, Matthei O, Quezada M, 1983. *Flora arbórea de Chile*. Editorial Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Rojo L, Ribnicky D, Logendra S, Poulev A, Rojas-Silva P, Kuhn P, Dorn R, Grace M, Lila M Raskin I, 2012. In vitro and in vivo anti-diabetic effects of anthocyanins from Maqui Berry (*Aristotelia chilensis*). *Food Chemistry*, 131, 387-396, [https://doi: 10.1016/j.foodchem.2011.08.066](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.066)

Romo R, 2016. Estudio de mercado del maqui. PYT – 2015 – 2019: Perspectiva del mercado internacional para el desarrollo de la industria del maqui: un análisis de las empresas en Chile. Report. Universidad del Bío – Bío, Chillán, Chile.

Rubilar M, Jara C, Poo Y, Acevedo F, Gutiérrez C, Sineiro J, Shene C, 2011. Extracts of Maqui (*Aristotelia chilensis*) and Murta (*Ugni molinae Turcz.*): Source of Antioxidant Compounds and $\alpha\alpha$ -Amylase Inhibitors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 1630-1637, [https://doi: 10.1021/jf103461k](https://doi.org/10.1021/jf103461k)

Ruiz A, Hermosín-Gutiérrez I, Mardones C, Vergara C, Herlitz E, Vega M, Dorau C, Weintherhalter P, von Baer D, 2010. Polyphenols and Antioxidant Activity of Calafate (*Berberis microphylla*) Fruits and Other Native Berries from Southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 6081-6089, [https://doi: 10.1021/jf100173x](https://doi.org/10.1021/jf100173x)

Salgado P, Prinz K, Finkeldey R, Ramírez CC, Vogel H, 2017. Genetic variability of *Aristotelia chilensis* ("maqui") based on AFLP and chloroplast microsatellite markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64, 2083-2091, [https://doi:10.1007/s10722-017-0498-0](https://doi.org/10.1007/s10722-017-0498-0)

Salinas J, Parra P, 2012. Antecedentes generales de la especie. In S. Benedetti (Ed.), Información Tecnológica de Productos Forestales No Madereros del Bosque Nativo en Chile. Monografía de Maqui *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz., Instituto Forestal, Santiago, Chile, pp. 7-20

Salinas J, Soto D, Fuentes V, 2012. Antecedentes de mercado. In S. Benedetti (Ed.), Información Tecnológica de Productos Forestales No Madereros del Bosque Nativo en Chile. Monografía de Maqui *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz., Instituto Forestal, Santiago, Chile, pp. 46-50

Scapagnini G, Zarrelli A, Youssef N, Davinelli S, 2016. Maqui (*Aristotelia chilensis*) berry and its major polyphenol delphinidin: Relevance for skin photo-protection and anti-aging. *European Journal of Aesthetic Medicine & Dermatology*, 6, 48-56

Schreckinger ME, Lotton J, Lila MA, González de Mejía E, 2010a. Berries from South America: A comprehensive review on chemistry, health potential, and commercialization. *Journal of Medicinal Food*, 13, 233-246, <https://doi.org/10.1089/jmf.2009.0233>

Schreckinger ME, Wang J, Yousef G, Lila MA, Gonzalez de Mejía E, 2010b. Antioxidant Capacity and in Vitro Inhibition of Adipogenesis and Inflammation by Phenolic Extracts of *Vaccinium floribundum* and *Aristotelia chilensis*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58, 8966-8976, <https://doi.org/10.1021/jf100975m>

Speisky H, López-Alarcón C, Gómez M, Fuentes J, Sandoval-Acuña C, 2012. First web-based databased on total phenolics and oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of fruits produced and consumed within the Souths Andes Region of South America. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 60, 8851-8859, <https://doi.org/10.1021/jf205167k>

Suwalsky M, Vargas P, Avello M, Villena F, Sotomayor CP, 2008. Human erythrocytes are affected in vitro by flavonoids of *Aristotelia chilensis* (Maqui) leaves. *International Journal of Pharmaceutics*, 363, 85-90, <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2008.07.005>

Tanaka J, Kadokaru T, Ogawa K, Hito S, Shimoda H, Hara H, 2013. Maqui berry (*Aristotelia chilensis*) and the constituent delphinidin glycoside inhibit photoreceptor cell death induced by visible light. *Food Chemistry*, 139, 129-137, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.036>

Vargas R, Gärtner S, Hagen E, Reif A, 2013. Tree regeneration in the threatened forest of Robinson Crusoe Island, Chile: The role of small-scale disturbances on microsite conditions and invasive species. *Forest Ecology and Management*, 307, 255-265, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.049>

Vergara D, Ávila D, Escobar E, Carrasco-Pozo C, Sánchez A, Gotteland M, 2015. The intake of maqui (*Aristotelia chilensis*) berry extract normalizes H₂O₂ and IL-6 concentrations in exhaled breath condensate from healthy smokers – an explorative study. Nutrition Journal, 14, 27, [https://doi: 10.1186/s12937-015-0008-1](https://doi.org/10.1186/s12937-015-0008-1)

Vidal J, Leslie, Avello L, Marcia, Loyola C, Cristina, Campos P, Jorge, Aqueveque M, Pedro, R. Dungan, Stephanie, Galotto L, Maria, & Guarda M, Abel. (2013). Microencapsulation of maqui (*Aristotelia chilensis* Molina Stuntz) leaf extracts to preserve and control antioxidant properties. Chilean journal of agricultural research, 73(1), 17-23. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392013000100003>

Vogel H, González B, Catenacci G, Doll U, 2016. Domestication and sustainable production of wild crafted plants with special reference to the Chilean maqui berry (*Aristotelia chilensis*). Julius-Kühn-Archiv, 453, 50-52

Vogel H, Peñailillo P, Doll U, Contreras G, Catenacci G, González B, 2014. Maqui (*Aristotelia chilensis*): Morpho-phenological characterization to design high-yielding cultivation techniques. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 1, 123-133, [https://doi: 10.1016/j.jarmap.2014.09.001](https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2014.09.001)

Vogel H., I. Razmilic, J. San Martín, U. Doll, B. González, 2008. Plantas medicinales chilenas. Experiencias de domesticación y cultivo de Boldo, Matico, Bailahuén, Canelo, Peumo y Maqui. Segunda Edición. Talca, Editorial de la Universidad de Talca. 194 p.

Watson R, Schönlaui F, 2015. Nutraceutical and antioxidant effects of a delphinidin-rich maqui berry extract Delphinol®: a review. Minerva Cardioangiologica, 63, 1-12

