



CALAFATE

Berberis microphylla





Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Edición 2018

Este documento se encuentra bajo una Licencia [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).

Basada en una obra en www.iica.int.

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda. Esta publicación está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio Web institucional en <http://www.procisur.org.uy>

Coordinación editorial: Rosanna Leggiadro
Corrección de estilo: Malvina Galván
Diseño de portada: Esteban Grille
Diseño editorial: Esteban Grille

Berberis microphylla G.Forst.

Miriam Arena

Liliana Sanmartino

Julio Cabana

Ariel Vicente

Néstor Curvetto

Silvia Radice¹

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y CULTURALES DE LA ESPECIE

Las especies nativas, de la Patagonia como las del género *Berberis*, han hecho una importante contribución a la alimentación y salud de las culturas locales. Los frutos eran consumidos por los indios Onas de Tierra del Fuego, quienes a su vez empleaban la madera para fabricar flechas. Los Tehuelches preparaban una bebida con los frutos triturados y puestos a macerar en agua, sin dejarlos fermentar (Alonso y Desmarchelier, 2006).

El calafate está citado como fuente de alcaloides del tipo de las berberinas y antocianinas, con una aplicación medicinal y tintórea (Pomilio, 1973; Shaffer, 1985; Fajardo Morales et al., 1986; Fajardo Morales, 1987). Las hojas, la corteza y la madera se destacan por sus propiedades astringentes, febrífugas y digestivas, usándose también en afecciones hepáticas, como refrescantes y laxantes (Rapoport et al., 1999; Alonso y Desmarchelier, 2006). Gracias a estas características, son utilizadas por la cultura mapuche (Muñoz et al., 2001), que también emplean los frutos en casos de resfríos y fiebre intermitente (Alonso y Desmarchelier, 2006). Las raíces y cortezas también eran usadas como tónicos energizantes. Los jugos de los frutos se usaron con fines oftalmológicos (Casamiquela, 2001).

Los mapuches elaboran una especie de “chicha” a partir de la fermentación del fruto el cual es luego mezclado con el “chacai”; también elaboran

¹ Arena, Miriam; Laboratorio de Recursos Agroforestales. Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC) -Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina. Contacto: arena@cadic-conicet.gob.ar
Sanmartino, Liliana; Agencia de Extensión Rural del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Los Antiguos, Santa Cruz, Argentina. Contacto: martino.liliana@inta.gob.ar
Cabana, Julio; Agencia de Extensión Rural INTA El Calafate, Santa Cruz, Argentina. Contacto: cabana.julio@inta.gob.ar
Vicente, Ariel; Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales (LIPA), CONICET, La Plata, Buenos Aires, Argentina. Contacto: arielvicente@gmail.com
Curvetto, Néstor; Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), CONICET, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. Contacto: fcurvet@criba.edu.ar
Radice Silvia; Laboratorio de Fisiología Vegetal. CONICET-Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Morón (UM), Buenos Aires, Argentina. Contacto: sradice@unimoron.edu.ar

el “vino de calafate” con la fermentación del fruto de calafate solo (Alonso y Desmarchelier, 2006). Los frutos además pueden consumirse frescos o elaborados en dulces, mermeladas, jaleas, helados y bebidas sin alcohol (Martínez Crovetto, 1968; Arena y Curvetto, 2008). Los frutos son también utilizados por los mapuches para realizar tinciones, mientras que las raíces son empleadas para teñir lanas de amarillo (Alonso y Desmarchelier, 2006).

2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

2.1. IDENTIFICACIÓN



Figura 1. Fruto de calafate (*B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia*) en arbustos de la cercanías de Ushuaia, Tierra del Fuego. La barra corresponde a 5 mm.

2.1.1. Nombre común: Calafate

2.1.2. Nombre Científico: *Berberis microphylla* G. Forst.

2.1.3. Sinonimia:

Berberis buxifolia Lam., Tabl encycl., 2: 391 t 253, fig 3. 1792.

Berberis inermis Pers., Syn. Pl. 387. 1805.

Berberis heterophylla Juss. ex Poir., Encycl. 8: 622. 1809.

Berberis cuneata DC., Syst. nat.,2: 16. 1821.

Berberis dulcis Sweet, Brit. Fl. Gard. 4 plate 100. 1831

Berberis marginta Gay, Fl. chil.1: 88.1845.

Berberis buxifolia var. *spinosissima* Reiche, Fl. Chile 1: 39.1895. *Berberis spinosissima* (Reiche) Ahrendt, J. Linn. Soc., Bot.57: 241.1961.

Berberis heterophylla var. *pluriflora* Reiche, Anales Univ. Chile 88: 97. 1894.

Berberis buxifolia Lam. var. *Gracilior* Albov, Revista Mus. La Plata 7: 361.

Berberis buxifolia var. *papillosa* C.K. Schneid., III Handb. Laubh. 1: 302. 1904.

Berberis buxifolia var. *nuda* C.K. Schneid., Bull. Herb. Boissier, ser. 2, 5: 142. 1905

Berberis buxifolia var. *antarctica* C.K. Schneid., Bull. Herb. Boissier, ser. 2, 5: 142. 1905.

Berberis antucoana C.K. Schneid., Bull. Herb. Boissier, ser. (2), 5: 144. 1905.

Berberis buxifolia var. *antucoana* (C.K. Schneid.) Orsi, en Correa, Flora Patagónica pt. IVa: 331. 1984.

Berberis parodii Job, Darwiniana 5: 184, fig 1.1941.

Berberis michay Job, Revista Mus. La Plata, Secc Bot. 5: 55.1942.

Berberis barilochensis Job, Revista Mus La Plata, Secc Bot. 5: 50.1942.

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

2.2.1. Reino: Plantae

2.2.2. División: Magnoliophyta

2.2.3. Clase: Magnoliopsida

2.2.4. Orden: Ranunculales

2.2.5. Familia: Berberidaceae

2.2.6. Género: *Berberis*

2.2.7. Especie: *B. microphylla* G. Forst.

2.2.8. Nombre común: calafate

El género *Berberis* está bien representado en la Patagonia por 16 especies de arbustos nativos (Orsi, 1984; Bottini et al., 1993). Sin embargo, según una clasificación posterior del género realizada por Landrum (1999), el número de especies es menor al citado por los trabajos previos de Orsi (1984), dado que Landrum agrupa a especies como *B. buxifolia*, *B. microphylla* y *B. heterophylla* bajo un igual nombre, *B. microphylla* G. Forst., postula que las diferencias entre éstas no se mantienen constantes como para conservar su rango de especie. Si bien ésta es la última clasificación se contradice con los estudios realizados del género *Berberis* por Bottini *et al.* (1999; 2000; 2007), quienes caracterizan y diferencian con precisión a las citadas especies en el orden morfológico, bioquímico y molecular.

2.3. CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA

Berberis microphylla G. Forst. es un arbusto espinoso que puede llegar hasta los 3 m de altura (Moore, 1983; Landrum, 1999) (Fig. 2).



Figura 2. Arbusto de calafate (*B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia*) espontáneo crecido en las cercanías de Ushuaia, Tierra del Fuego.

2.3.1. Hoja

Las hojas son simples y de disposición fasciculada, comúnmente ovadas a oblongo-lanceoladas siendo menos frecuente la forma elíptica a casi lineal. La lámina puede oscilar entre 6 a 40 mm de longitud y de 2 a 14 mm de ancho, con consistencia coriácea a subcoriácea, de color verde oliva (Orsi, 1984; Landrum, 1999). El área de las hojas varía entre 0,04 y 2,08 cm² (Arena et al., 2011). El margen es entero o con 1-2 dientes perpendiculares espinosos por lado; ápice agudo a obtuso y con base cuneada a aguda. La cara adaxial de las hojas es brillante y la cara abaxial opaca. El pecíolo mide 1,5 a 5 mm de longitud con su base ampliada. Tiene espinas tri hasta 6-7-fidas (Gambineri, 2012).

2.3.2. Flor

Las flores son solitarias o agrupadas en inflorescencias, raramente en umbelas de 2 a 3 flores; los pedicelos miden 5-24 mm de largo y las flores de 4-5 mm de largo, y son de color amarillo. Particularmente para *B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia* las flores son solitarias, actinomorfas e hipóginas. Están compuestas por un perianto de 6 sépalos y 6 pétalos en ciclos alternos de tres (Arena et al., 2011). El cáliz es coriáceo y de color amarillo al igual que los pétalos. La corola tiene pétalos de textura aterciopelada, presentan dos nectarios de posición basal. El androceo está compuesto por 6 estambres de posición opuesta a los pétalos, con anteras ditecas y de dehiscencia valvar.

Posee numerosos granos de polen de 40 μm de diámetro, tricolpados de forma similar a pelotas de tenis. El gineceo es monocarpelar de posición súpero. Posee un estigma prominente y con exudado mucilaginoso en la fase receptiva. El estilo es casi imperceptible y el ovario contiene de 7 a 18 óvulos anátropos de placentación basal (Arena et al., 2011).

Las yemas florales se diferencian en los brotes jóvenes crecidos en la primavera precedentes de la fecundación de las flores. En yemas mixtas de *B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia*, colectadas en Ushuaia durante el mes de diciembre, se observaron yemas florales en sus primeras fases de diferenciación (Arena & Radice, 2014). Su evolución continúa hasta la fase de reposo (mediados de marzo a abril) para reiniciar con la fase de floración. En la primavera siguiente, los capullos florales de color verde aparecen entre las hojas de los braquiblastos y rápidamente el pedicelo se alarga (Fig. 3 A-B; 4A). Al llegar a su longitud final, el capullo floral se torna amarillo y engrosa su diámetro (Fig. 3C; 4B). La antesis ocurre con una leve apertura de tépalos permitiendo de esa manera la exposición de anteras y estigma (Fig. 3D-F; 4C). Los *Berberis* tienen estambres retráctiles; por lo cual, ante cualquier estímulo externo la antera puede dispararse hacia el estigma y permite depositar polen sobre su superficie (Fig. 5). Esta particularidad de la especie publicada por Grieve (1931) había sido ya observada por Linnaeus.



Figura 3. Fases florales de *B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia*. A, Yemas mixtas en el inicio del crecimiento de primavera; B-C, capullos florales en crecimiento; C-D, flores en antesis; E, flor en fase de antesis visitada por sírfido; F, flores en fase de caída de pétalos y fruto. Las barras corresponden a 2 mm.

2.3.3. Fruto

Sus frutos son bayas subglobosas de 7 a 11 mm de diámetro, con (1-) 6 a 10 semillas negras oscuras a marrones (Orsi, 1984; Landrum, 1999). Los frutos son verdes cuando están inmaduros y se tornan de color azul violáceo al madurar (Fig. 4F; Fig. 6), presentando generalmente un crecimiento doble sigmoideo con un período de reposo (Arena & Curvetto, 2008). Particularmente en los frutos maduros de *B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia* el diámetro ecuatorial y polar es de 9,6 y 8,9 mm respectivamente, con 9,9 semillas por fruto como promedio de varios años de mediciones realizadas en una población natural de las cercanías de Ushuaia, Tierra del Fuego (Arena & Curvetto, 2008) (Fig. 6).

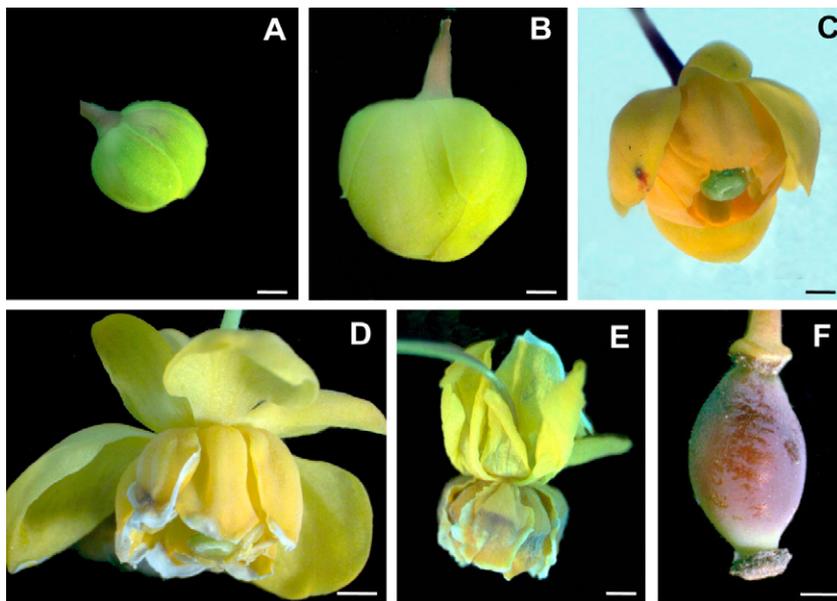


Figura 4. Fases florales de *B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia* en detalle. A-B, capullos florales en fase de pre antesis; C, flor en fase de antesis; D, fin de antesis (F3); E, caída de pétalos; F, fruto. Las barras representan 1 mm.



Figura 5. Detalle del movimiento de anteras de *B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia*. A; flor en inicio de la antesis en donde se observa que los estambres acompañan el movimiento de apertura de los pétalos. B, parte de los estambres están desplazados hacia el pistilo después de punzar la base de los mismos. C, Todos los estambres están adheridos por sus tecas al estigma. Las barras representan 1 mm.





Figura 6. Evolución del crecimiento de los frutos de *B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia* a lo largo de su ontogenia. Desde la izquierda a la derecha: 1.- fruto pequeño verde en la primera fase de crecimiento rápido, 2.- fruto mediano predominantemente verde en la primera fase de crecimiento rápido, 3.- fruto grande verde al fin de la primera fase de crecimiento rápido y fase de crecimiento lento, 4.- fruto con 25-50% de la superficie con color púrpura al comienzo de la segunda fase de crecimiento rápido, 5.- fruto maduro, 6.- fruto sobremaduro. La barra representa 5 mm.

3. HABITAT Y DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE

3.1. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, SUPERFICIE EN LA ZONA O TERRITORIO

El calafate se distribuye en Argentina desde Neuquén (37° LS) hasta Tierra del Fuego (54°8´ LS) y desde los Andes hasta la meseta y costa oriental patagónica (Job, 1942; Orsi, 1984; Bottini, 2000).

3.2. DESCRIPCIÓN DE HÁBITAT

3.2.1. Ecología

Se lo encuentra en diversos ambientes como cuestras, valles y cañadones hasta en la ribera de ríos, lagos y lagunas formando parte de comunidades patagónicas, en los claros de los bosques de *Nothofagus* y en bosques umbrosos y húmedos. Crece próximo a las costas a pocos metros sobre el nivel del mar hasta los 3000 m de altura (Moore, 1983; Orsi, 1984).

Estos arbustos se convierten en forraje para los ovinos y caprinos, quienes consumen sus flores, frutos y brotes tiernos. Forman a su vez parte de la dieta de los guanacos y del choique. Sin embargo, posiblemente por las espinas y la estructura de las plantas, las ramas, algo lignificadas, no son consumidas; facilitándose que estos arbustos cumplan un rol fundamental en el ecosistema dado que sirven como refugio de especies animales y vegetales a la vez que intervienen en el control de los procesos erosivos de los suelos (Bottini et al., 1993).

3.2.2. Suelo

Se lo encuentra en diversos tipos de suelos. *Berberis microphylla* sinónimo *B. heterophylla* se distribuye naturalmente en suelos con horizontes su-



perfiles de textura franco arenosa y arenosa franco en las localidades de Perito Moreno y El Calafate (Santa Cruz), respectivamente, con pH moderado a fuertemente alcalino en Perito Moreno y con pH neutro en El Calafate. Para estos sitios los contenidos promedios referidos (%) de carbono orgánico, nitrógeno y potasio fueron de 1,3; 0,08 y 1,8, respectivamente (Arena et al., 2001). *Berberis microphylla* sinónimo *B. buxifolia* se encuentra en ambientes con diferentes contenidos de nutrientes inorgánicos, a saber nitrógeno (0,1 a 0,6%) y fósforo (2,2 a 47,4 ppm) para los primeros 10 cm de suelo (datos no publicados). También existen antecedentes de poblaciones que crecen en suelos con su horizonte superficial orgánico y con contenidos promedios (%) de carbono orgánico, nitrógeno y potasio de 8,0; 0,6 y 0,2, respectivamente, en las cercanías de Ushuaia, Tierra del Fuego (Arena et al., 2003).

3.2.3. Clima

El calafate está ampliamente distribuido en la Patagonia argentina, crece espontáneamente en diversas condiciones ambientales como ser en clima árido y semiárido frío típico de la zona extra andina, hasta en clima subpolar oceánico característico de la Patagonia andina (terminología de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, 1936).

4. ASPECTOS REPRODUCTIVOS

El calafate se propaga naturalmente por rizomas y semillas, las aves tienen un rol muy importante en su dispersión y posterior germinación. Las semillas, para la propagación *ex situ*, se obtienen una vez que los frutos alcanzan su madurez fisiológica a fines del verano. Las semillas se lavan con abundante agua y luego requieren de un período largo de estratificación (3000 hs de frío húmedo) para romper su latencia y es posible alcanzar porcentajes de germinación de 50 a 60% (Arena y Martínez Pastur, 1994).

La propagación *ex situ* por rizomas es posible a partir de la obtención en otoño de secciones de estos tallos subterráneos de aproximadamente 10 cm de longitud. Luego se los coloca en el vivero en un sustrato suelto para favorecer la emergencia de las raíces y brotes en la siguiente temporada de crecimiento, obteniéndose de 70 a 80% de nuevas plantas (Arena y Martínez Pastur, 1995; Arena et al., 1998). También es recomendable la utilización de porciones de rizomas con brotes ya crecidos en la planta madre. Por otra parte, la propagación por cultivo *in vitro* también ha sido exitosa (Arena et al., 2000).

4.1. SISTEMA REPRODUCTIVO

Las flores del calafate son fecundadas por diversos insectos (Orsi, 1974). Para *B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia* en Tierra del Fuego, las flores en



fase de antesis son visitadas por sírfidos quienes facilitan la polinización. Sin embargo pocos granos de polen se adhieren al cuerpo de estos insectos visitantes (registros aún no publicados). Las flores no son auto-fértiles y responden muy bien a la fecundación cruzada (datos aún no publicados). El inicio y la duración del período de floración están estrechamente relacionados con el germoplasma y las condiciones climáticas (registros aún no publicados). Florece en la primavera y sus frutos maduran hacia mediados del verano (Orsi, 1984; Moore, 1983; Arena et al., 2003).

4.2. FENOLOGÍA

Durante todo el ciclo anual del crecimiento vegetativo y reproductivo se han identificado nueve fases fenológicas bien diferenciadas según la escala BBCH (Arena *et al.*, 2013a). El ciclo comienza con la formación de las yemas vegetativas y mixtas (Fase 0), continúa con las siguientes cuatro fases que corresponden al crecimiento vegetativo: el crecimiento de las hojas en los brotes (Fase 1), la elongación de los brotes (Fase 3), el crecimiento de los órganos de propagación de la planta (Fase 4) y la senescencia parcial e inicio de la latencia (Fase 9). Las últimas cuatro fases principales del desarrollo reproductivo describen la emergencia floral (Fase 5), floración (Fase 6), el crecimiento del fruto (Fase 7) y su madurez (Fase 8).

La fenología floral había sido descrita anteriormente por la escala de Fleckinger (1955) como: capullo floral verde, capullo floral amarillo, inicio de antesis, plena antesis, senescencia de pétalos, caída de pétalos y cuajado de frutos (Arena *et al.*, 2011), (Fig. 3 y 4).

Estudios realizados en la localidad de Ushuaia indican que el inicio de la floración ocurre a mediados de octubre y el ciclo completo se cumple en 21 días (Arena *et al.*, 2011), mientras que el período de fructificación, medido a partir del momento de plena floración, puede alcanzar un máximo de 126 días (Arena y Curvetto, 2008) (Fig. 6). Esta variación se debe a la zona geográfica y al punto de madurez seleccionado según el destino de los frutos. En líneas generales la cosecha comienza al inicio del verano en el norte de la Patagonia (fin de diciembre a principio de enero) para finalizar de mediados a fines de febrero en Tierra del Fuego.

5. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y NUTRICIONALES

5.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

La composición cuali-cuantitativa de los carbohidratos, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos varía a lo largo de la ontogenia de los frutos. Estos compuestos pueden ser considerados como marcadores de las fases de

la fructificación y de las condiciones ambientales (Arena y Curvetto, 2008; Arena *et al.*, 2012; 2013b). En los frutos inmaduros el contenido de algunos flavonoides, como catequina y rutina, como también el de ácido clorogénico es elevado (datos no publicados), mientras que los frutos maduros contienen elevado contenido de hidratos de carbono como glucosa, fructosa y de fibra dietaria (Arena *et al.*, 2013b), como así también de antocianinas (Arena *et al.*, 2012). El ácido málico es el ácido orgánico predominante (Arena *et al.*, 2013b).

El criterio de cosecha de los frutos se basa normalmente en el color superficial de las bayas. En efecto, el pericarpio contiene abundantes antocianinas (761 mg/100 g de frutos frescos; Arena & Curvetto, 2008) y entre sus derivados glucosilados en particular: delphinidina, cianidina y petunidina (Ruiz *et al.*, 2010).

La calidad de los frutos se evalúa a través del aspecto externo (color, tamaño, forma, ausencia de defectos), la firmeza y su sabor. Debido a que los frutos no acumulan almidón y el sabor no mejora durante el almacenamiento, la cosecha debe realizarse al momento de la plena madurez. En la literatura se ha informado que al momento de cosecha el contenido de sólidos solubles es de 20 ° Brix, aproximadamente, estos niveles son muy variables por estar supeditados a las condiciones climáticas (Arena & Curvetto, 2008; Moghaddan *et al.*, 2013). Los frutos maduros presentan una elevada acidez comparada con otras especies frutales (de 3 a 3,4% de ácido málico) y un valor de pH de 3 a 3,4 (Arena & Curvetto, 2008).

5.2. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

El calafate se destaca principalmente por su capacidad antioxidante y por su elevado contenido de hidratos de carbono y ácidos orgánicos que le otorgan un alto valor nutricional. Todas estas cualidades le confieren el valor de alimento funcional.

La capacidad antioxidante del calafate es unas diez veces mayor que la de frutas como manzana, naranja y pera -si se compara a igual peso de materia seca- y cuatro veces mayor que la del arándano -cuyos frutos son reconocidos por su elevada capacidad anti radical- (Rodoni *et al.*, 2014).

Otros compuestos polifenólicos comunes son las antocianinas que constituyen los principales antioxidantes (Ruiz *et al.*, 2010) y en menor grado los flavonoles (0,16 mmol kg⁻¹). El contenido de ácido ascórbico en estos frutos es moderado (~250 mg kg⁻¹) (Akbulut *et al.*, 2009).

Los frutos de calafate muestran una tasa respiratoria elevada (40 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 20 °C) y baja a moderada la producción de etileno (cerca de 1-2 µL kg⁻¹h⁻¹a 20 °C) (Rodoni *et al.*, 2014). Al igual que la mayor parte de los berries el calafate muestra un comportamiento no climatérico (Rodoni *et al.*, 2014). La capacidad de almacenamiento de los frutos de calafate es



muy limitada y está dada por el ablandamiento de los frutos y por la incidencia de enfermedades de poscosecha.

El cambio de color de las bayas como consecuencia de la pérdida de compartimentalización celular en la pulpa fue descrito como el principal factor de deterioro en ensayos de almacenamiento (Rodoni et al., 2014), siendo la temperatura de almacenamiento de 0 a 1 °C la más adecuada, y la vida poscosecha en estas condiciones es de 2 a 3 semanas.

6. VARIABILIDAD Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Variabilidad genética disponible

El conocimiento de la variabilidad genética de una especie es de suma importancia, ya que expresa la capacidad de adaptarse a los cambios progresivos en el medio ambiente o la capacidad de adaptación y resistencia frente a agentes bióticos y abióticos. La amplitud del valor ecológico de la especie es la base de la evolución y también el potencial de empleo para la selección de caracteres útiles. Un análisis de la diversidad genética espacial de las poblaciones de *B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia* en Tierra del Fuego ha resultado en una alta endogamia en grupos de individuos (cluster) y el flujo genético limitado entre clusters (Muller, 2011). Estos datos son coincidentes con los obtenidos por Bottini (2000) para las especies patagónicas del género *Berberis*.

7. MANEJO CULTIVO

7.1. VARIEDADES DISPONIBLES

En Argentina no se cuenta con variedades registradas. Actualmente se están caracterizando y evaluando genotipos seleccionados en Tierra del Fuego.

En poblaciones naturales de *B. microphylla* sinónimo *B. heterophylla* de El Calafate (Santa Cruz), se registraron valores de crecimiento y producción de frutos por rama de 17,8 cm y 4,7 frutos. Estos resultados fueron superiores a los obtenidos en Perito Moreno (Santa Cruz), los cuales fueron 15,4 cm de longitud media de rama y 3,9 frutos por ramas.

Las ramas orientadas hacia la dirección NO y NE mostraron los mayores crecimientos y producción de frutos en relación a las orientadas hacia el SO y SE. En las orientadas hacia el NO y NE se obtuvieron valores de 20,0 cm de crecimiento de rama y 5,1 frutos por rama mientras que en la orientación SO y SE los valores fueron 13,3 cm y 3,5 frutos por rama, respectivamente. En la parte superior de las plantas se observó un crecimiento de 18,9 cm



con una producción de 5,6 frutos por rama y en la inferior, valores más bajos iguales a 14,3 cm y 5,6 cm y 3 frutos por rama.

También se observó un mayor crecimiento vegetativo y mayor cantidad de frutos en las ramas de una estación de crecimiento respecto de las ramas más viejas. Los valores promedios registrados fueron 21,5 cm y 6,6 frutos por rama sobre las ramas de un año y 14,1 cm y 3,1 frutos por rama, en las más viejas (Arena *et al.*, 2001).

Resultados similares se observaron en una población natural de *B. microphylla* sinónimo *B. buxifolia* de las cercanías de Ushuaia, Tierra del Fuego. En efecto, la mayor producción de frutos por rama en términos relativos se obtuvo en las orientadas hacia el N respecto de las orientadas hacia el S (38,1 % y 17,8 %, respectivamente) y en la parte superior de las plantas se registró la mayor producción de frutos en comparación con la inferior (85,6 % y 14,4 %, respectivamente). En estas plantas, la producción de frutos también fue mayor en las ramas de un año de edad (61,6 %) respecto de las más viejas (19,2 %) (Arena *et al.*, 2003).

7.2. ZONAS AGROCLIMÁTICAS APTAS PARA EL CULTIVO

La distribución espontánea del calafate en Argentina es amplia, extendiéndose desde Neuquén hasta Tierra del Fuego, con lo cual la zona agroclimática apta para su cultivo sería extensa, con la posibilidad de utilizar una gran diversidad de suelos y climas. En Argentina aún no se han establecido cultivos comerciales de calafate; sin embargo, con el objeto de contribuir con la conservación de este recurso y generar nuevas opciones productivas sustentables que diversifiquen la actividad agropecuaria, se realizaron algunas experiencias. Así se establecieron parcelas de estudio en el monte nativo Lago Posadas, en Santa Cruz; y cultivos experimentales en El Calafate, Santa Cruz y Ushuaia, Tierra del Fuego (Coronel & Arena, 2010).

7.3. ÉPOCA DE PLANTACIÓN

La plantación del calafate en Ushuaia (Tierra del Fuego) se realizó a comienzos de la primavera, una vez producido el deshielo. La primavera es una época más propicia que el otoño para la plantación en estas latitudes, dado que evita los efectos adversos del invierno como pueden ser la excesiva acumulación de agua en el suelo o las quebraduras de las pequeñas ramas por la acumulación de nieve.

7.4. PREPARACIÓN DE SUELO Y ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

Se recomienda comenzar a preparar el suelo como mínimo un año antes del establecimiento de un cultivo y aún con mayor anticipación en el caso de que se quiera realizar la plantación en suelos que previamente no han sido cultivados, como suele suceder en diversos sitios de la Patagonia.





Figura 7. Cultivo experimental de calafate en Ushuaia, Tierra de Fuego (noviembre de 2011).

La plantación del calafate en un cultivo experimental en Ushuaia, Tierra del Fuego, se realizó con una distancia 2 m por 1 m, entre filas y entre plantas, respectivamente (Fig. 7). Se observó que la plantación en pequeños camezones favoreció el escurrimiento del excedente de agua particularmente en el deshielo. Por otro lado la instalación de cortinas cortavientos ha resultado favorable tanto para el crecimiento vegetativo como el reproductivo (Coronel & Arena, 2010).

7.5. FERTILIZACIÓN, RIEGO Y PODA

En la localidad de Lago Posadas (Santa Cruz), se trabajó en un monte nativo de calafate con el propósito de realizar algunas prácticas de manejo de poda, fertilización y riego. Las plantas que fueron fertilizadas recibieron anualmente 200 g de Hakaphos® Naranja 15-5-30 más 50 g de urea. El riego se hizo por surcos. La poda y el riego incrementaron el diámetro de la rama principal y el número de ramas del año (11,5 cm y 24,6) con respecto al resto de los tratamientos (6,0 cm y 7,7). Respecto a la producción de frutos (rendimiento, peso medio de frutos y sólidos solubles) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de poda, riego y fertilización, respecto del testigo. Sin embargo cabe destacar que en las plantas del tratamiento con fertilización se obtuvo el máximo rendimiento (58,8 g/m³), mientras que el mayor contenido de sólidos solubles (31,8 °Brix) se observó en las plantas que recibieron riego con y sin fertilización (datos no publicados).

En el cultivo experimental implantado en Ushuaia, Tierra del Fuego se han probado los fertilizantes nitrato de amonio, superfosfato triple de calcio y

sulfato de potasio aplicados de manera conjunta en dosis de 0, 150, 300 y 450 kg/ha. A lo largo de los primeros años de evaluación del ensayo se encontró un efecto positivo de las mayores dosis de los fertilizantes sobre el rendimiento y la calidad de los frutos, a la vez que un adelanto en las fases fenológicas (Coronel & Arena, 2010). Así, cabe destacar que el peso fresco de los frutos fue de aproximadamente 45 mg en los tratamientos con 300 y 450 kg/ha mientras que en los tratamientos sin fertilizante y con 150 kg/ha fue de 35 mg. Por otro lado, el peso seco de los frutos fue de 13 mg para los tratamientos con 300 y 450 kg/ha de fertilizante y de 0,7 a 0,9 mg para los tratamientos testigo y con 150 kg/ha de fertilizante aplicado respectivamente. Los sólidos solubles alcanzaron los mayores valores con 150 kg/ha (14,5 ° Brix y máximo ratio de 5). En cuanto al rendimiento de fruta total por planta, los valores variaron entre los 200 g/planta para el testigo hasta 293,0 g por planta en el tratamiento con la máxima fertilización en el año 2012 (datos no publicados).

7.6. CONTROL DE MALEZAS

El control de malezas se torna una labor cultural prioritaria durante el establecimiento del cultivo. En los cultivos experimentales mencionados el control de las malezas se hizo de manera manual y mecánica.

7.7. ESTADO FITOSANITARIO

7.7.1. Plagas

En el cultivo experimental implantado en Ushuaia, Tierra del Fuego se detectó la presencia de pulgones verdes particularmente durante las primaveras húmedas. También se observaron daños efectuados por gusanos de lepidópteros al igual que en las poblaciones naturales.

7.7.2. Enfermedades

En el cultivo experimental implantado en Ushuaia, Tierra del Fuego se observó la presencia del hongo *Aecidium magellanicum*, que crece en el envés de las hojas y que atrofia el crecimiento de los brotes del arbusto. Este patógeno se observa también en las poblaciones naturales.

8. USOS, PROCESOS Y PRODUCTOS

8.1. USOS TRADICIONALES

La demanda de frutos de estos arbustos en los últimos años ha sido en aumento, tanto para el consumo en fresco como para la elaboración de diversos productos (Arena & Cabana, 2008). A esto se debe sumar el hecho que recientemente se ha incorporado al Código Alimentario Argentino por



Resolución Conjunta 22/2006 y 409/2006 la inclusión de frutas originarias de la zona andina, entre los cuales se incluye a los *Berberis*. De esta manera queda autorizado su empleo en productos alimenticios como dulces, mermeladas, licores, helados y confites. Además, la *United States Department of Agriculture* (USDA) ha aprobado el ingreso a los Estados Unidos del calafate, por lo cual el *Berberis* se halla en la lista de frutas y vegetales de dicho organismo. Se estima que anualmente se cosechan no menos de 10 a 15 toneladas de frutos de calafate provenientes de poblaciones naturales de la Patagonia para los usos descritos.

Las hojas se utilizan para la elaboración de infusiones. Es además una especie utilizada como ornamental, dadas las características de su follaje y flores llamativas (Bottini, 2000) por lo cual es común usarlas en parques y jardines.

8.2. PROCESOS

La fruta que se utiliza en la elaboración artesanal se cosecha a mano y frecuentemente es una actividad que se realiza en familia. Antiguamente se empleaban métodos de cosecha tales como el apaleo del arbusto y se recogían los frutos que caían, con el consiguiente deterioro de las plantas por rotura de ramas. A este hecho debe sumarse la progresiva disminución de plantas naturales a lo largo de la Patagonia, a causa de la constante apertura de caminos para el establecimiento de emprendimientos productivos no asociados con la actividad agropecuaria. Actualmente, gracias a numerosas actividades de concientización sobre la conservación de los recursos naturales, este tipo de práctica está en desuso, y se cosechan los frutos en forma individual. Por ser un arbusto muy espinoso, la cosecha de los frutos resulta muy difícil por lo cual los precios de la comercialización son elevados y por ende los productos elaborados también son costosos. Numerosos productos artesanales se elaboran en la zona de cosecha de los frutos con lo cual su deterioro es mínimo. La fruta se puede congelar o utilizar inmediatamente para elaborar productos, pero en ambos casos se debe “pulpar” o tamizar para retirar las semillas.

8.3. PRODUCTOS

8.3.1. Productos artesanales

A nivel artesanal se elaboran pulpas, dulces, jaleas, licores, vinos y chutneys. Existen algunas referencias sobre las cualidades del vino del calafate: “es espumante, muy rico, tipo nebiolo” (Sic.), testimonio de Rosa Figue, nacida en Ushuaia en 1922, citada en “Cocina patagónica y fueguina”, Vairo, 1998).

8.3.2. Productos industriales

Se utilizan sus frutos en la producción de bebidas sin alcohol, cosméticos tales como el shampoo y la crema capilar y diversos fármacos.

9. IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA

En el presente, se comercializa principalmente en los mercados locales y regionales del ámbito nacional.

10. CONSIDERACIONES FINALES

El calafate es un recurso natural nativo de la Patagonia que cumple un rol fundamental en el ecosistema, a la vez que tiene un gran potencial de uso y múltiples aplicaciones. En ese sentido, cabe destacar su alto valor nutracéutico, por lo cual puede ser considerado un alimento funcional.

La investigación y experimentación de esta especie junto a la difusión de los resultados podría ser una herramienta muy útil para la concientización sobre la conservación y uso sustentable de este recurso natural. El conocimiento de la diversidad genética existente junto a la caracterización morfológica y química de los frutos de diversos genotipos es el puntapié inicial para su posterior mejoramiento, juntamente con el estudio de la biología reproductiva.

Las experiencias realizadas sobre diversas prácticas de manejo en parcelas pilotos aportan elementos de mucha ayuda para el cultivo de la especie. El cultivo a escala comercial es una necesidad para satisfacer la demanda creciente de frutos para sus diversos usos; a la vez, que para la diversificación de la actividad agropecuaria patagónica.



11. REFERENCIAS

- Alonso J, Desmarchelier C. 2006. Plantas medicinales autóctonas de la Argentina: bases científicas para su aplicación en atención primaria de la salud. Fitotecnia Ed. 680 p. Buenos Aires, Argentina.
- Akbulut M, IR S C, Lu T M. 2009. Some physicochemical and nutritional properties of barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruits. J Food Proc Eng 32: 497-511.
- Arena M E, Cabana J A. 2008. Frutas finas nativas de la patagonia austral: los *Berberis*. 2008. En: Avances en cultivos frutales no tradicionales: Arándanos-Cerezas-Fruttillas-Granadas. Editores: Divo de Sesar et al. Editorial: FAUBA. 237-244.
- Arena M E, Curvetto N. 2008. *Berberis buxifolia* fruiting: Kinetic growth behavior and evolution of chemical properties during the fruiting period and different growing seasons. Sci Hortic 118: 120-127.
- Arena M E, Giordani E, Radice S. 2011. Flowering, fruiting and leaf and seed variability in *Berberis buxifolia*, a native Patagonian fruit species. En: Native Species: Identification, Conservation and Restoration. Nova Sciences Publishers, New York. Pág 117-136. ISBN: 978-1-61470-613-7. 176 pág. Editores: L. Marin and D. Kovac.
- Arena M E, Giordani E, Radice S. 2013a. Phenological growth and development stages of the native Patagonian fruit species *Berberis buxifolia* Lam. JFAE Vol.11 (3&4): 1323-1327.
- Arena M E, Martínez Pastur, G. 1994. Seed propagation of *Berberis buxifolia* Lam. Phytom 56 (XII): 59-63.
- Arena M E, Martínez Pastur G. 1995. Propagación de frutales menores nativos de los bosques Andino-Patagónicos: El Calafate. Presencia X (37): 5-7.
- Arena M E, Martínez Pastur G, Vater G. 2000. *In vitro* propagation of *Berberis buxifolia* Lam. Biocell 24 (1): 73-80.
- Arena M E, Peri P, Vater G. 2001. Producción de frutos y crecimiento de *Berberis heterophylla* Juss. en dos sitios de la Patagonia austral. Revista de Investigación Agraria, Serie: Producción y Protección Vegetales 16 (1): 49-57.
- Arena M E, Postemsky P, Curvetto N R. 2012. Accumulation patterns of phenolic compounds during fruit growth and ripening of *Berberis buxifolia*, a native Patagonian species. N Z J Bot 50 (1): 15-28. <http://dx.doi.org/10.1080/0028825X.2011.638644>.
- Arena M E, Radice S. 2014. Shoot growth and development of *Berberis buxifolia* Lam. in Tierra del Fuego (Patagonia). SciHortic 165: 5-12.
- Arena M E, Vater G, Peri P. 1998. Propagación por rizomas de *Berberis* de la Patagonia Austral. IX Congreso Latinoamericano de Horticultura. XLIX Congreso Agronómico de Chile. 30 de Noviembre al 3 de Diciembre de 1998. Santiago, Chile.
- Arena M E, Vater G, Peri P. 2003. Fruit production of *Berberis buxifolia* Lam in Tierra del Fuego. HortSci 38 (2): 200-202.
- Arena M E, Zuleta A, Dyner L, Constenla D, Ceci M, Curvetto N R. 2013b. *Berberis buxifolia* fruit growth and ripening: evolution in carbohydrate and organic acid contents. Sci. Hortic.: 52-58.
- Bottini M C J. 2000. Estudios multidisciplinarios en las especies patagónicas argentinas del género *Berberis* L. (Berberidaceae). Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 223 páginas.
- Bottini M C J, Bustos C, Bran D. 1993: Arbustos de la Patagonia, Calafates y Michay. Presencia 8 (30): 5-9.
- Bottini M C J, De Bustos A, Sanso A M, Jouve N, Poggio L. 2007.

- Relationships in Patagonian species of *Berberis* (Berberidaceae) based on the characterization of rDNA internal transcribed spacer sequences. *Bot J Lin Soc* 153: 321–328.
- Bottini M C J, Greizertein E J, Poggio L. 1999. Poliploidy levels and their relationships with the rainfall in several populations of Patagonian species of *Berberis* L. *Caryologia* 52 1-2: 75-80.
- Bottini M C J, Greizertein E J, Alicino M B, Poggio L. 2000. Relationships among genome size, environmental conditions and geographical distribution in natural populations of NW Patagonian species of *Berberis* L. (*Berberidaceae*). *Ann Bot* 86: 565-573.
- Casamiquela R M. 2001. Proyecto etnobotánico de la Patagonia, primer informe. Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro Nacional Patagónico (CENPAT), Puerto Madryn.
- Coronel L, Arena M E. 2010. Estudio de las propiedades nutraceuticas de los frutos de calafate y su domesticación en la patagonia austral. Informe Técnico de Proyecto. CADIC-CONICET, Subsecretaría de Recursos Naturales de la Provincia de Tierra del Fuego. INTA EEA Santa Cruz (AER El Calafate). 9 pág.
- Fajardo Morales V. 1987. Estudio químico de las especies chilenas del género *Berberis*. *Rev Lat Quím*: 18: 46-50.
- Fajardo Morales V, Podestá F, Urzúa A. 1986. Reseña de los alcaloides encontrados en el género *Berberis* de Chile. *Rev Lat Quím* 16: 141-156.
- Gambineri F. 2012. Studio e caratterizzazione di popolazioni spontanee di calafate (*Berberis buxifolia* Lam.) in Tierra del Fuego (Argentina). Tesi di Laurea Magistrale. Università degli studi di Ferenze. Facoltà di Agraria. 43 páginas.
- Grieve M. 1931. *A Modern Herbal* V. 1, p. 82.
- Fleckinger J. 1955. Phenologieet arboriculture frutiere. *Bon Jardinier* 1: 362-372.
- Job M M. 1942. Los Berberis de la región del Nahuel-Huapi. *Rev del Museo de la Plata (Sección Botánica)* 5: 21-72.
- Köppen W. 1936. Das geographische System der Klimate. In Köppen W. and R. Geiger (Ed.). *Handbuch der. Klimatologie.* ((Vol. 1, pp. 1–44) Berlin, Germany: Gebrüder Bornträger.
- Landrum L R. 1999. Revision of *Berberis* (*Berberidaceae*) in Chile and adjacent Southern Argentina. *Ann Missouri Bot Gard* 86 (4): 793-834
- Martínez Crovetto R. 1968. Estudios etnobotánicos III- Nombres de plantas y su utilidad, según los indios araucano-pampas del Oeste de Buenos Aires. XXXVII Congreso Internacional de Americanistas, Vol. II. Buenos Aires.
- Moghaddam P R, Fallahi J, Shajari M A, Mahallati. 2013. Effects of harvest date, harvest time, and post-harvest management on quantitative and qualitative traits in seedless barberry (*Berberis vulgaris* L.). *Indust. Crop Prod.* 42, 30–36.
- Moore D M. 1983. *Flora of Tierra del Fuego.* Anthony Nelson & Missouri Botanical Garden, Oswestry, England, 396 pp.
- Müller M. 2011. Strutturazione e spazializzazione della diversità genetica di popolazioni di *Berberis buxifolia* Lam. in Tierra del Fuego (Patagonia, Argentina). Tesi di Laurea Magistrale. Università degli studi di Ferenze. Facoltà di Agraria. 48 páginas.
- Muñoz O, Montes M, Wilkomirsky T. 2001. Plantas medicinales de uso en Chile. *Química y Farmacología.* Editorial Universitaria, Chile. 330 p.
- Orsi M C. 1974. El género *Berberis* en la República Argentina. Tesis Doctoral Número 334. Fac Cs Nat y Museo, UNLP.

- Orsi M C. 1984. Berberidaceae. En: Correa M.N. (ed). Flora Patagónica Sección 4ª, pp 325-348, INTA, Buenos Aires.
- Pomilio A B. 1973. Anthocyanins in fruits of *Berberis buxifolia*. Phytochem 12: 218-220.
- Pozniakovskii V M, Golub O V, Popova D G, Kovalevskaia I N. 2003. The use of barberry in human nutrition. Voprosypitaniia 72 (4): 46-49.
- Rapoport E, Ladio A, Sanz E. 1999. Plantas nativas comestibles de la Patagonia andina argentino-chilena. Dpto de Ecología, Centro Regional Universitario Bariloche. Ediciones de Imaginaria. Bariloche.
- Rodoni L M, Feuring V, Zaro M J, Sozi G O, Vicente A R, Arena M E. 2014. Ethylene responses and quality of antioxidant-rich stored barberry fruit (*Berberis microphylla*) Sci. Hortic. 179, 233-238.
- Ruiz A, Hermosin-Gutierrez I, Mardones C, Vergara C, Hertlitz E, Vega M, Dorau C, Winterhalter P, von Baer D. 2010. Polyphenols and antioxidant activity of calafate (*Berberis microphylla*) fruits and other native berries from southern Chile. J Agric Food Chem 58 (10): 6081-6089.
- Shaffer J E. 1985. Inotropic and chronotropic activity of berberine on isolated Guinea pig Atria. J Cardiovascular Pharm 7: 307- 315.
- Vairo C P. 1998. Cocina patagónica y fueguina. Edición Especial español-inglés. Zagier &Urruty Pub.123 pp.



12. RECETARIO

Mermelada de calafate

En el CD: Conservación de alimentos. Elaborado y editado por la AER INTA Perito Moreno-Los Antiguos, "Recetas"

- Para 1 kg de pulpa de calafate usar 800 g de azúcar de primera
- Seleccionar frutos sanos y maduros de calafate
- Lavar con abundante agua potable
- Pesar y adicionar agua hasta cubrir la fruta
- Cocinar la fruta a fuego lento hasta que esté completamente blanda
- Una vez cocida, pasar la fruta por una pulpadora, separando la pulpa de las semillas
- Obtenida la pulpa, pesar y colocar en olla de acero inoxidable o aluminio grueso
- Hervir la pulpa durante 5 a 10 minutos para evaporar agua. Adicionar el azúcar en forma gradual
- Hervir hasta alcanzar el punto 70 grados Brix, tomado con refractómetro
- Espumar si es necesario. Envasar en caliente en frascos bien limpios
- Tapar inmediatamente con tapas tipo axial
- Invertir los frascos 3 a 4 minutos para verificar si hay pérdidas
- Se recomienda esterilizar a baño maría si el almacenamiento será prolongado. Sumergir en agua potable, durante 15 minutos para frascos de 360 g
- Enfriar lo más rápido posible, etiquetar y conservar en lugar fresco y oscuro

Licor de calafate

Sabores del sur de la cordillera al mar. Ministerio de Desarrollo Social, Plan de Seguridad Alimentaria. 84 pp

Ingredientes

- 3 kg de frutos de calafate
- 1 l de alcohol fino vegetal
- 1 l agua
- ½ kg azúcar

Guardar tapado en una damajuana los 3 kg de calafate con el litro de alcohol vegetal durante tres meses en un lugar cálido o a temperatura ambiente. Pasado ese tiempo retirar la fruta de la damajuana. Con el agua

y el azúcar hacer un almíbar y dejar enfriar. Proceder a moler el fruto de calafate y pasar por tamiz de alambre. Para su mejor aprovechamiento es recomendable enjuagar el fruto con el alcohol y el almíbar a medida que se tamiza. Una vez realizado el colado total se juntan nuevamente todos los ingredientes en un solo recipiente (damajuana) cerrado con corcho, y se deja reposar por un mínimo de 6 meses previo a su utilización.

Alfajores calafateños

Sabores del sur de la cordillera al mar. Ministerio de Desarrollo Social, Plan de Seguridad Alimentaria. 84 pp

Ingredientes para el relleno

- 250 g de dulce de calafate
- 3 claras
- 3 yemas
- 170 g de azúcar
- 250 g de crema de leche
- 20 g de gelatina sin sabor

Batir las claras a punto nieve y de a poco incorporar la mitad del azúcar. Batir las yemas con la mitad restante de azúcar, hasta punto cinta (con batidora aproximadamente 5 minutos). Preparar la gelatina sin sabor con agua tibia y agua fría. Incorporar la preparación de la gelatina al dulce de calafate y colocarlo en la heladera 15 minutos. Batir la crema a medio punto y colocar en la heladera 15 minutos. Retirar las preparaciones de la heladera e incorporar a las claras en forma envolvente. Se deja descansar unos minutos y con la batidora se bate para homogeneizar la preparación. Luego colocarlo en la heladera por 2 a 3 horas aproximadamente.

Ingredientes para las tapas

- 3 huevos
- 100 g de manteca
- 100 g de azúcar
- 250 g de harina
- c/n esencia de vainilla

Mezclar la manteca con el azúcar hasta formar una crema. Incorporar los huevos y seguir mezclando. Colocar la esencia de vainilla. Por último incorporar en forma de lluvia la harina hasta lograr una consistencia homogénea de la masa. Estirar la masa y cortar en tapas. Enmantecar y enharinar un molde. Encender el horno a temperatura media. Colocar las tapas en el horno entre 10 y 15 minutos dependiendo del horno.

Receta enviada por la Salita de 3 años "Los conejitos mimosos" del Jardín Martín Miguel de Güemes, de El Calafate.

