

Los cactus más australes de Chile: revisión de iniciativas de conservación local

Susana Millán Hurtado
Laboratorio Abierto de Ciencias Subantárticas,
Centro Universitario Coyhaique, Universidad de Magallanes, smh97@hotmail.es

Laura Sánchez-Jardón
Laboratorio Abierto de Ciencias Subantárticas,
Centro Universitario Coyhaique, Universidad de Magallanes,
laura.sanchez@umag.cl

Carol Alvarado Romo
Seremi de Medio Ambiente de la Región de Aysén, calvarado.11@mma.gob.cl

The southernmost cacti in Chile: a review of local conservation initiatives

RESUMEN: La Zona Priorizada Estepa Jeinimeni-Lagunas Bahía Jara, a las orillas del lago General Carrera en la región patagónica de Aysén, alberga las cinco especies de cactáceas más australes de Chile. Se encuentran en peligro de conservación a nivel nacional, por lo que se han llevado a cabo distintas iniciativas dirigidas a su conservación. Este artículo recopila la información biológica disponible en la literatura científica para una mejor comprensión de la importancia ecológica de estas especies carismáticas por parte de la comunidad local y regional, así como las acciones realizadas en la zona a fin de presentar de forma conjunta los últimos avances sobre la conservación de estas cactáceas. Los resultados muestran el avance en iniciativas de conservación mediante reproducción ex-situ y replantación, aunque es necesario desarrollar más investigación sobre su reproducción, a la vez que continuar las actividades de difusión para lograr una mayor implicación de la comunidad local en su conservación.

PALABRAS CLAVE: *Austrocactus patagonicus*; Cactaceae; estepa patagónica; *Maihuenia patagonica*; *Maihueniopsis darwinii*; Parque Nacional Patagonia; *Pterocactus australis*; *Pterocactus hickenii*.

ABSTRACT: The Prioritized Zone Estepa Jeinimeni-Laguna Bahía Jara in the Patagonian region of Aysén, by the General Carrera Lake, hosts the five southernmost species of cacti in Chile. These are considered endangered species at a national level, so that different conservation initiatives have been carried out in the past few years. This article collects the biological information available in the scientific literature for a

better understanding of the ecological importance of these charismatic species by the local and regional community, as well as the actions carried out, in order to jointly present the latest advances on the conservation of these cacti. The results show the progress in conservation through ex-situ reproduction and replanting initiatives. However, more research is needed on the reproductive biology of the species, while continuing outreach activities in order to achieve a greater involvement of the local community in conservation actions.

KEYWORDS: *Austrocactus patagonicus*; Cactaceae; *Maihuenia patagonica*; *Maihueniopsis darwinii*; Parque Nacional Patagonia; patagonian steppe; *Pterocactus australis*; *Pterocactus hickenii*.

INTRODUCCIÓN

La familia Cactaceae es un grupo de plantas vasculares angiospermas dicotiledóneas (actualmente de la clase Magnoliopsida) del Orden Caryophyllales que se caracteriza por especializaciones morfológicas y fisiológicas, principalmente respecto al balance hídrico y al metabolismo del carbono. Uno de sus caracteres distintivos es la presencia de areolas, yemas axilares meristemáticas de donde surgen brotes vegetativos (hojas generalmente caducas y espinas) y florales (MMA 2018). También presentan tallos con actividad fotosintética que pueden acumular gran cantidad de agua y metabolismo tipo CAM (De la Barrera 1997). Estos rasgos les permiten vivir en zonas áridas y semiáridas donde otras plantas presentarían más dificultades. Se distribuyen principalmente en el

continente americano, con una especie, *Rhipsalis baccifera* (Sol.) Stearn., que se distribuye en África continental y otras islas del océano Índico (Barthlott 1983, Moreira-Muñoz 2011, Señoret y Acosta 2013).

Su alta especialización ambiental, unido a un ciclo de vida largo y una baja tasa de reclutamiento, las hace más vulnerables a cambios en su ambiente. Estos ambientes son de por sí frágiles en sus balances ambientales (Gibson y Nobel 1986, Goettsch *et al.* 2015) y generalmente poco contemplados en los planes de conservación, pese a que están soportando actualmente una intensa presión antrópica (Pliscoff y Luebert 2006, Maestre 2011). Como resultado, las cactáceas son uno de los grupos biológicos más amenazados a nivel mundial, con el 31% de 1.478 especies evaluadas consideradas en peligro de extinción, según los criterios de la UICN relacionados con el bajo número de individuos y de localidades y con una extensión de presencia reducida (Goettsch *et al.* 2015). Las principales causas son el cambio en el uso de suelo para agricultura y urbanización y la colección y comercio de estas especies, con un alto tráfico ilegal (Señoret y Acosta 2013, Goettsch *et al.* 2015). En Chile existen 128 especies repartidas en 17 géneros (Rodríguez *et al.* 2018), que se distribuyen principalmente en la zona centro y norte del país, desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región del Bío-Bío. Muchas de estas presentan una distribución restringida a ambientes particulares y más del 80% de las especies del país son endémicas (Belmonte *et al.* 1997).

Al sur del Bío-Bío, la familia Cactaceae ha sido registrada para Chile únicamente en la ribera sur del lago General Carrera, en las cercanías de la ciudad de Chile Chico, región de Aysén. Se trata de cinco especies con amplia distribución en la Patagonia argentina, pero con una distribución marginal en Chile. La principal hipótesis que se baraja para explicar su presencia es que el microclima cálido que genera el lago en la estepa patagónica que rodea la localidad de Chile Chico permite el desarrollo de los cactus más australes de Chile (Hoffmann y Walter 2004) (Figura 1).

Estas cinco especies se encuentran en peligro de extinción a nivel nacional, tanto por las presiones antrópicas que se han descrito como por su baja densidad poblacional (Walter 2016). En este sentido, se han llevado a cabo varias iniciativas para su conservación, así como estudios para obtener más información sobre su reproducción y ecología. La información levantada, sin embargo, se encuentra dispersa y no es fácilmente accesible. En este artículo se realiza una revisión de los avances en el estudio

de las cactáceas presentes en la región de Aysén. Por un lado, se revisan las características biológicas de este grupo de organismos y, por otro, se realiza una compilación de las acciones de conservación que se han desarrollado en la localidad de Chile Chico. Con ello se espera contribuir a mejorar la comprensión de la importancia ecológica y el valor de conservación de este grupo de organismos, carismáticos de la biodiversidad de la Patagonia chilena.



Figura 1. Estepa patagónica y valle del Jeinimeni, en las proximidades de la localidad de Chile Chico, región de Aysén.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión exhaustiva de la bibliografía relacionada con las cactáceas en Chile mediante buscadores de contenidos científicos como *Web of Science*® y Google Académico. Sobre las cactáceas en la Patagonia chilena, se encontraron 7 artículos y 2 documentos técnicos. Adicionalmente, la Seremi de Medio Ambiente de

la región de Aysén facilitó el acceso a informes de proyectos y consultorías encargados por el Ministerio de Medio Ambiente que no habían sido publicados. La información sobre los estados de conservación se ha obtenido a partir de los informes de los sucesivos procesos de revisión publicados por el Ministerio de Medio Ambiente. La información sobre la biología, rasgos morfológicos, fisiológicos y reproductivos de las cactáceas se ha obtenido a partir de la literatura publicada sobre cactáceas en Chile y el mundo, con énfasis en aquellas fuentes en idioma castellano. Se describen y discuten las características morfológicas y fisiológicas según la relación con el ambiente físico y con los demás seres vivos. La información cuantitativa disponible se ha sintetizado en tablas. La nomenclatura utilizada procede de los catálogos actualizados de Plantas Vasculares de Chile (Rodríguez *et al.* 2018) y del Cono Sur (Zuloaga *et al.* 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Son cinco las especies de cactáceas presentes en los alrededores de Chile Chico (Figura 2): *Austrocactus patagonicus* (F.A.C. Weber) Backeb., con cierta incertidumbre taxonómica por falta de estudios genéticos o claves que lo confirmen (Walter 2016); *Pterocactus hickenii* Britton & Rose, cuya presencia en la zona de Chile Chico se describe por primera por Kiesling (2002); *Maihueiopsis darwinii* (Hensl.) F. Ritter *var. darwinii*, con la primera cita para esta zona por Macaya y Bustamante (2005); *Maihuenia patagonica* (Phil.) Britton & Rose; *Pterocactus australis* (F.A.C. Weber) Backeb, consideradas endémicas de Argentina hasta el 2007 (Saldivia y Rojas 2008).



Figura 2. Especies de cactáceas más australes de Chile, presentes en los alrededores de Chile Chico: (a) *Austrocactus patagonicus*; (b) *Pterocactus hickenii*; (c) *Maihueiopsis darwinii*; (d) *Maihuenia patagonica*; (e) *Pterocactus australis*. Fotografías de Mahendra Kumar.

AMBIENTE Y FORMAS DE CRECIMIENTO

Estas especies están asociadas a la sub-región vegetal designada como Región del Matorral y Estepa Patagónica: una región semidesértica fría con cobertura vegetal de arbustos bajos y gramíneas cespitosas (Gajardo 1994). Este tipo de ecosistema se encuentra poco representado en la región de Aysén. Principalmente en los planos y zonas bajas de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes. Se caracteriza por formaciones de *Festuca pallescens* y *Azorella prolifera*; alrededor del lago General Carrera aparece como un matorral dominado por arbustos bajos como *Colliguaja integerrima*, *Discaria chacaye*, *Azorella prolifera*, *Deschampsia elongata* y *Festuca argentina* (Pliscoff y Luebert 2006), con colonias de otras especies como *Schinus marchandii*, *Nardophyllum obtusifolium*, *Senecio neaei* y *Pappostipa chrisophylla* (Saldivia y Faúndez 2000).

En la estepa, es frecuente encontrar que las plantas aparecen agrupadas en parches, separados por espacios de suelo desnudo o "inter-parches". Así, se crea un flujo hacia las zonas vegetadas o "islas de fertilidad" (Figura 3), donde se retienen esos recursos y se mantiene mayor fertilidad relativa, generando una mayor capacidad de infiltración de agua, concentración de nutrientes y, en general, mayor actividad biológica (Gaitán, López y Bran 2009). Dentro de estos parches de vegetación se generan relaciones entre las distintas especies, en un delicado balance entre competencia y facilitación. El agua es el mayor factor limitante de este ecosistema, y por tanto las especies compiten por este recurso. Sin embargo, especies de arbustos con mayor resistencia a las condiciones ambientales facilitan el crecimiento y en algunos casos la supervivencia de especies de pastos más exigentes (Maestre *et al.* 2009; Graff y Aguiar 2017).

Es en el sector de estepa ubicado alrededor del lago General Carrera donde las cinco especies de cactus aparecen, probablemente debido a la regulación térmica de las aguas del lago, que crea un ambiente más cálido y por tanto más favorable que en otras zonas de estepa (Saldivia y Faúndez 2007). Su distribución registrada se encuentra dentro de la Zona Priorizada Estepa Jeinimeni-Bahía Jara, mayormente en la zona oriental donde hay más sedimentos de origen fluvio-glacial, lacustre y glacial; serían menos abundantes en la zona occidental, ya que presenta superficies rocosas de origen glacial con mucha pendiente y poco sustrato edáfico (Walter 2016). Las especies con raíces fasciculares (*Austrocactus patagonicus* y *Maihueniopsis darwinii*) crecen en suelos más limosos o arcillosos, con un porcentaje de materia orgánica más alto; mientras que las que tienen raíces gruesas y suculentas (*Maihuenia patagonica*, *Pterocactus australis* y *Pterocactus hickenii*) aparecen en suelos más arenosos (Walter, 2016). No suelen encontrarse las distintas especies juntas; si se encuentran, alguna domina fuertemente sobre las otras.

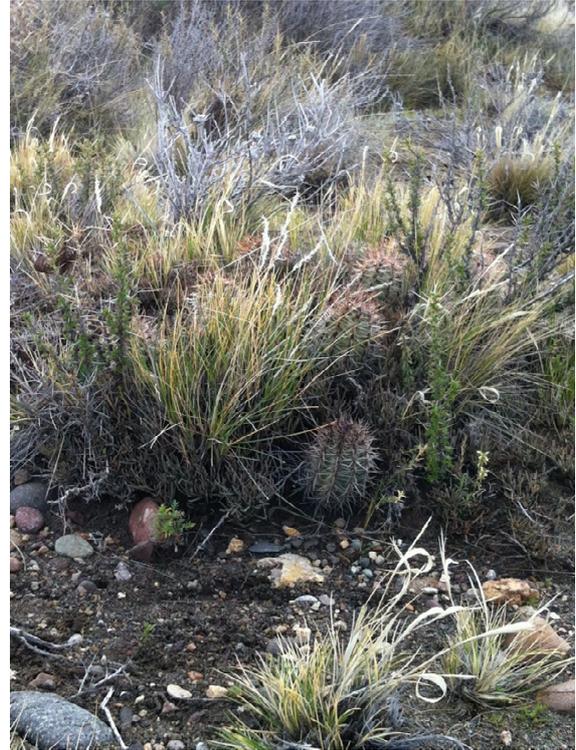


Figura 3. Cojín de *Austrocactus patagonicus* creciendo dentro de una mata de coirón. Este tipo de asociaciones resultan en parches de vegetación o "islas" típicas de la estepa patagónica. Fotografía de Mahendra Kumar.

CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS

Además de los rasgos comunes a la familia mencionados anteriormente, las cactáceas de Chile Chico presentan otras dos particularidades: su forma de crecimiento en cojines, que parece protegerlas del fuerte viento y altos niveles de radiación, desecación y heladas; y sus raíces adventicias que favorecerían la reproducción vegetativa en estas condiciones adversas (Walter 2016). En concreto, *Austrocactus patagonicus* y *Maihuenia patagonica* presentan raíces adventicias fasciculares en los tallos más periféricos, que quedan cubiertos por arena con el viento. En las otras tres especies, las raíces surgen después de que fragmentos del tallo sean desprendidos desde areolas inferiores y comienzan a enterrarse favorecidos por la arena que arrastrada por el viento ayuda a taparlos (Walter 2016). Se pueden encontrar alrededor de arbustos o gramíneas, como en suelos arenosos y expuestos, tal como señalan Saldivia y Faúndez (2007) para *Pterocactus hickenii*. Según Walter (2016) no hay una gran diferencia en el porcentaje de individuos que se inclinan por uno u otro hábito, aunque las cactáceas protegidas bajo arbustos tienden a ser más grandes y alargadas. Las principales características vegetativas de las cinco especies se presentan en la Tabla 1.

CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS

Las flores de las cinco especies son diurnas y hermafroditas y, según las observaciones de Kumar y Ríos (2019), cada flor dura alrededor de 5 días, excepto en *Maihueniopsis darwinii* que puede extenderse hasta dos semanas. Según estos mismos autores son polinizadas por *Apis mellifera* (abeja de la miel). Si bien Walter (2016) no observó visitas por esta especie, sí sugiere como polinizadores otras especies de los géneros *Apis* y *Bombus* dentro de la misma familia Apidae. La disminución de polinizadores podría, por tanto, afectar negativamente el éxito de su reproducción. A la vez, la baja densidad de individuos podría mermar las poblaciones de polinizadores, retroalimentando el proceso (Walter 2016).

Sobre la dispersión de semillas y esquejes, el viento podría tener la mayor influencia (dispersión de tipo anemócora), ya que muchos individuos se encuentran distribuidos en hileras y no en forma agregada (Walter 2016, Kumar y Ríos 2019). Las cactáceas presentan morfologías de frutos que se asocian típicamente con la anemocoria, ya que presentan estructuras ligeras que aumentan su volumen para favorecer que el viento pueda arrastrarlas (Van der Pijl 1982). Si bien este tipo de dispersión es habitual en cactáceas, hay excepciones como el género *Opuntia* que presentan zoocoria por sus frutos carnosos, atractivos para los animales (Martínez *et al.* 2009). En *Austrocactus patagonicus* se observó anemocoria, con 48 a 70 semillas negras, de 1 – 3 mm,

por fruto (Kumar y Ríos 2019). El fruto, según Kumar y Ríos (2019), es indehiscente, con las semillas adheridas a este por una pulpa semiseca, pero Walter (2016) afirma que es dehiscente porque las semillas se diseminan por una abertura sub-basal del fruto, cuando este es desprendido del tallo y arrastrado por el viento gracias a unos pelos rígidos que presenta en la madurez y que agrandan su volumen, permitiendo así ser arrastrado por el viento, ocasión en la cual las semillas caen por el poro basal. La reproducción vegetativa no es muy común, ya que se ha observado que sus tallos no se desprenden fácilmente (Saldivia y Fáundez 2007); además, aunque tiene una tasa relativamente alta de enraizamiento en reproducción *ex-situ* por esquejes, genera pocos brotes nuevos (Walter 2016). En *Maihuenia patagonica* las semillas son también negras y pequeñas, en número de 38 a 60 por fruto (Kumar y Ríos 2019); estos autores sugieren dispersión anemócora y no zoócora (ya que los frutos crecen entre las espinas), pero localizada alrededor de la planta madre. Walter (2016), sin embargo, observó para esta especie un fruto maduro devorado por un animal, lo que, junto con su carnosidad e indehiscencia sugiere zoocoria por parte de invertebrados, roedores, reptiles o aves, como se ha observado en otras cactáceas en otros lugares (Leuenberger 1997). Por su parte, *Maihuenia patagonica* presenta dificultades para la reproducción vegetativa, ya que sus segmentos tampoco se desprenden fácilmente (Saldivia y Fáundez 2007, Saldivia y Rojas 2008) y los intentos de este tipo de reproducción no han tenido éxito (Walter 2016).

Tabla 1. Principales características vegetativas de las cinco especies de cactáceas. Elaboración propia en base a Kiesling (1982), Saldivia y Fáundez (2007), Kattermann (2010), Walter (2016) y Kumar y Ríos (2019).

Especie	Suculencia tallo	Suculencia raíz	Tipo de raíz	Fotosíntesis	Raíz adventicia
<i>Austrocactus patagonicus</i>	Alta	Mediana a baja	Cónica corta	Tallo	De tallos laterales, fasciculares y largas
<i>Maihuenia patagonica</i>	Baja a mediana	Mediana	Pivotantes y fasciculares profundas	Tallo y Hojas	De tallos laterales e interiores, fasciculares y largas
<i>Maihueniopsis darwinii</i>	Mediana	Mediana	Cónica corta	Tallo	De segmentos desprendidos, singular y corta
<i>Pterocactus australis</i>	Mediana	Alta	Tuberosa profunda	Tallo	De segmentos desprendidos, singular y corta
<i>Pterocactus hickenii</i>	Mediana	Alta	Tuberosa profunda	Tallo	De segmentos desprendidos, singular y corta

En las especies de *Pterocactus* sus frutos son dehiscentes y sus semillas aladas, signo común de que la dispersión se da por anemocoria (Van der Pijl 1982, Kiesling 1982, Kiesling 2002, Saldivia y Fáundez 2007). Sin embargo Walter (2016) señala que crecen a menudo

en colonias pequeñas y densas, lo que podría indicar poca dispersión de semillas y cuestionar el papel del viento en este proceso; también puede ser que el viento haga que las semillas se acumulen preferentemente en algunos micrositios. Otro motivo de esta agregación de los individuos de estas especies podría ser la facilidad para desprender artejos, que puede facilitar la

reproducción vegetativa alrededor de la planta madre (Saldivia y Faúndez 2007), como confirmarían los resultados de Walter (2016), que indican que estas dos especies son las más exitosas en la reproducción vegetativa *ex-situ*. En caso de *Maihueniopsis darwinii*, al igual que *Maihuenia patagonica*, su fruto es indehisciente y carnoso, con una envoltura funicular de la semilla (Kattermann 2010), lo que suele indicar zoocoria (Van der Pijl 1982, Kiesling 1984). En las cinco especies las semillas pueden presentar dormancia de hasta varios meses, e incluso diferentes tiempos de dormancia en semillas de la misma planta (Walter 2016). Todos estos datos, así como otros recopilados sobre la reproducción, se resumen en la Tabla 2 y 3.

AMENAZAS Y ESTADOS DE CONSERVACIÓN

Estas cinco especies nativas aparecen con una mayor densidad y distribución en Argentina, pero están en peligro de extinción dentro de Chile, ya que su distribución está limitada a esta única localidad, presentan una baja densidad poblacional y se ven afectadas por factores antrópicos. Las principales amenazas que se reconocen son la modificación y pérdida de hábitat por la urbanización y la agricultura, la extracción, el pisoteo por el ganado y la contaminación (Saldivia 2009, SEREMI 2018a). Están consideradas en

la actualización de la Estrategia Regional de Biodiversidad 2015-2030 como especies amenazadas y priorizadas en Aysén, y como objeto de conservación (SEREMI 2018b). Según el Estado de Conservación de las Especies en Chile, proceso que lleva a cabo el Ministerio de Medio Ambiente mediante el Reglamento para la Clasificación de Especies (RCE) (Decreto N° 29 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente), su estado a nivel nacional es “En peligro” (EN), excepto *Maihueniopsis darwinii* que se considera “En peligro crítico” (CR). La clasificación de *Austrocactus patagonicus* se definió ya en el año 2006, en el 2° proceso de clasificación del RCE. El resto se incluyeron en el año 2009 en el 5° proceso, con datos aportados por CONAMA Región de Aysén a partir de un estudio realizado en el año 2007 (MMA 2006, Saldivia y Faúndez 2007, MMA 2009). Posteriormente, la revisión de Walter (2016) recoge que el número de individuos, la densidad y el área de distribución son mayores a los que habían indicado Saldivia y Faúndez, pero siguen siendo menores a 100 km² de extensión y 10 km² de área. Esto indica que, según los criterios de la IUCN relacionados con el bajo número de individuos y localidades y una extensión de presencia reducida, todas las especies deben considerarse como “CR”, excepto *P. hickenii*, que se debería considerar “EN” al tener un área mayor de distribución y mayor número de individuos (Walter, 2016). Estos datos se entregan en la Tabla 4.

Tabla 2. Principales características reproductivas de las cinco especies de cactáceas. Elaboración propia en base a Kiesling (2002), Saldivia y Faúndez (2007), Walter (2016) y Kumar y Ríos (2019).

Especie	Tipo de fruto	Floración	Cantidad de flores	Dispersión
<i>Austrocactus patagonicus</i>	Dehisciente	Fin de noviembre a fin de diciembre	1-7 flores por tallo	Anemocoria
<i>Maihuenia patagonica</i>	Indehisciente	Mitad de noviembre a mitad de diciembre	4 a 7 flores por cojín (individuos en crecimiento agrupado)	Zoocoria
<i>Maihueniopsis darwinii</i>	Indehisciente	Mitad de noviembre a mitad de diciembre	1 a 84 flores por cojín	Zoocoria
<i>Pterocactus australis</i>	Dehisciente	Fin de octubre a fin de noviembre	-	Anemocoria
<i>Pterocactus hickenii</i>	Dehisciente	Mitad de noviembre a mitad de diciembre	1 flor por planta	Anemocoria

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

La mayoría de ejemplares se encuentran en terrenos privados destinados a agricultura y la ganadería, lo que dificulta su conservación, ya que no se encuentran dentro de ningún área protegida. Sin embargo, el área donde se encuentran se designó como Sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad por CONAMA en el año 2003, por considerar que existen especies amenazadas que se

requieren acciones de conservación y que la estepa es un ecosistema frágil sub-representado en el SNASPE (MMA s.f.).

La designación de Sitio prioritario no es una categoría de protección en sí misma, pero reconoce el alto valor de conservación de la zona y si un proyecto o actividad listado en el artículo 10 de la Ley 19.300 se desarrolla en este sitio e ingresa al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, debe comprobar que no genera los efectos descritos en el artículo 11 de la Ley

19.300 (Ley 19.300 art. 11, letra d). Además, debido al interés ecológico de la zona y de estas especies de cactáceas, se han llevado a cabo consultorías para conocer su distribución y estado de conservación, como las realizadas por Saldivia y Faúndez (2007) y Walter (2016).

En este contexto, se trabajó entre 2013 y 2014 en un borrador de Plan de Recuperación, Conservación y Gestión (RECOGE) de cactáceas (MMA 2015a), una figura que confiere facultades al Ministerio de Medio Ambiente para ejecutar programas de investigación, protección y conservación de la biodiversidad (Ley 20.417), del cual se han realizado algunas acciones tempranas de implementación. En la Estrategia Regional de Biodiversidad 2015-2030, la formalización de este Plan se incluyó dentro de las acciones a realizar a corto plazo, con prioridad alta. Se podrá aprobar mediante Decreto Supremo del Ministerio de Medio Ambiente una vez que se presente ante el Consejo de Ministros de Sustentabilidad y este se pronuncie favorablemente (SEREMI 2018b).

Dentro de este Plan se han realizado actividades de difusión, concienciación y capacitación en la localidad de Chile Chico; en el año 2015, según una encuesta realizada por la Seremi de Medio Ambiente, el 81% de los encuestados no conocía la existencia de los cactus y el 91% tampoco tenía conocimiento de los nombres de las especies (MMA 2015c). Algunos dueños de fincas privadas donde se encuentran las cactáceas han mostrado interés por su conservación, pero en general se encuentran problemas para plantear un beneficio para éstos en conservar los individuos. El sector turístico está muy interesado en los cactus para mostrarlos a clientes y generar un atractivo para la zona, pero el manejo puede ser problemático por la presión antrópica provocada por la mayor afluencia de personas en la zona y por posibles manejos inadecuados de los ejemplares. En los años 2014, 2015 y 2016 se llevaron a cabo charlas y talleres con la escuela y el liceo de la localidad, así como varias capacitaciones de viverización, en las que se capacitó a la comunidad en técnicas de recolección y enraizamiento

Tabla 3. Éxito en la reproducción de las cinco especies de cactáceas. Elaboración propia en base a Kiesling (2002), Saldivia y Faúndez (2007), Walter (2016) y Kumar y Ríos (2019).

Especie	Éxito reproducción sexual ex-situ	Éxito reproducción vegetativa ex-situ	Reproducción vegetativa in-situ
<i>Austrocactus patagonicus</i>	Baja 4.47% germinación 69.14% mortalidad	Medio 6-15 cm raíz 58.1% brotes 14.45% mortalidad	Poco común
<i>Maihuenia patagonica</i>	Media 21.53% germinación 91.85% mortalidad	Bajo 4-6cm raíz 66.6% brotes 57.14% mortalidad	No
<i>Maihueniopsis darwinii</i>	Baja 4.43% germinación 71.42% mortalidad	Medio 5-10 cm raíz 96.2% brotes 23.25% mortalidad	Poco común
<i>Pterocactus australis</i>	Baja 6.19% germinación 85.71% mortalidad	Alto 10-12 cm raíz 100% brotes 16.04% mortalidad	No observada
<i>Pterocactus hickenii</i>	Baja 3.79% germinación 66.66% mortalidad	Alto 15 cm raíz 100% brotes 2.59% mortalidad	Sí

Nota: Las categorías de reproducción sexual ex-situ se basan en la tasa de germinación y de mortalidad tras 4 semanas del estudio de Walter (2016), que indica que los datos de mortalidad de *A. patagonicus*, *P. australis* y *P. hickenii* no son representativas por la baja tasa de germinación. Las categorías cualitativas del éxito en reproducción vegetativa ex-situ se basan en el enraizamiento, el número de brotes nuevos y la mortalidad del estudio de Walter (2016) tras un año en esquejes con raíz adventicia. Las categorías de reproducción vegetativa in situ responden a observaciones cualitativas de Saldivia y Faúndez (2007), Walter (2016) y Kumar y Ríos (2019).

de esquejes y siembra de semillas (MMA 2014; MMA 2015b, MMA 2015d; MMA 2015e). Estas capacitaciones se impartieron dentro de la consultoría de Walter (2016) para la "Implementación de un programa de reproducción y recuperación de cactáceas de Chile Chico, Región de Aysén", en el marco del "Proyecto Exsis: Conservación *in-situ* y *ex-situ* de cactáceas". Este estudio encontró un mayor número de individuos de los descritos hasta el momento por Saldivia y Fáunderz (2007), lo que permitió recolectar más material de esquejes, frutos y semillas para la reproducción. La reproducción sexual tras 6 meses resultó en un aumento de individuos entre el 0 y 3% sobre la población anterior de estas especies, y el enraizamiento de los esquejes en un aumento del 12 al 40% (Walter 2016). Estos datos muestran que la reproducción *ex-situ* por semillas fue poco efectiva, se desconoce si debido a las condiciones de viveración o bien a la inviabilidad de las semillas (Walter 2016). Según la bibliografía, la reproducción sexual de la subfamilia de cactáceas Opuntioideae es problemática debido a la germinación poco homogénea y a la alta mortalidad de los individuos recién germinados (Götz *et al.* 1996; Kiessling y Pöschl 2000, Walter 2016) y la mayoría de semillas de cactáceas no germinan debido a factores climáticos adversos, así como encuentran problemas en el enraizamiento de la plántula disminuyendo su supervivencia (Gibson y Nobel 1986). En el estudio de Walter (2016) se encontró una mayor germinación en las semillas plantadas tras un periodo de 6 o 12 meses tras la recolección del fruto que en aquellas plantadas tras un

mes, lo que indica una posible dormancia de las semillas que pueda hacer que el éxito de germinación fuese mayor si se realizan resiembras de las semillas no germinadas durante un periodo de tiempo más largo. Esta estrategia es común en especies de zonas áridas, que pueden tener una ventaja en aplazar su germinación hasta que las condiciones sean más favorables (Leuenberger 1997).

En el año 2016 el Ministerio de Medio Ambiente inauguró un cactario en dependencias del vivero clonal de CONAF en la localidad, con intención de generar más esquejes para reproducción y reinserción (MMA 2016). En este cactario se establecieron las 282 plántulas obtenidas por H. Walter principalmente por esquejes en vivero durante su consultoría. En el marco de la consultoría "Viverización y reproducción de cactáceas", estos 282 individuos se mantuvieron en el cactario, y además se colectaron y mantuvieron 297 nuevos esquejes, de los cuales el 100% fue exitoso para su posterior trasplante (SEREMI 2018b). Bajo otra consultoría paralela de "Prospección, monitoreo y reinserción de cactáceas" se hizo un monitoreo del ecosistema de las cactáceas, evaluando el hábitat y rehabilitando el terreno. Se encontraron 1498 individuos en monitoreo al azar dentro de las 10 zonas identificadas previamente en los estudios de Saldivia y Faunderz (2007) y Walter (2016). El número fue similar a lo indicado por Walter (2016), pero la localización de los individuos fue en ocasiones diferente a la registrada en estudios anteriores.

Tabla 4. Estado de conservación de las cinco especies, extensión de su distribución, número de individuos y principal amenaza. Elaboración propia en base a MMA (2009), MMA (2018), UICN (2012) y Walter (2016).

Especie	Estado de conservación	Extensión de presencia	Individuos	Amenaza principal (SF)
<i>Austrocactus patagonicus</i>	EN B1ab(iii)+2ab(iii) (RCE) CR B1, B2ab iii (W)	3,47 km ² (W)	54 (RCE) 245 (W) 199 (KR)	Agricultura
<i>Maihuenia patagonica</i>	EN B1ab(iii)+2ab(iii); D (RCE) CR B1, B2ab iii, D (W)	0,0075 km ² (RCE) 0,24 km ² (W)	9 (RCE) 20 (W) 21 (KR)	Población y distribución reducida
<i>Maihueniopsis darwinii</i>	CR B1ab(iii)+2ab(iii); D (RCE) CR B1, B2ab ii, iii (W)	0,5036 km ² (RCE) 42,49 km ² (W)	4 (RCE) 471 (W) 472 (KR)	Ganado y contaminación
<i>Pterocactus australis</i>	EN B1ab(iii)+2ab(iii) D (RCE) CR B1, B2ab iii (W)	3,7 km ² (RCE) 6,68 km ² (W)	1 (RCE) 174 (W) 175 (KR)	Pisoteo ganado
<i>Pterocactus hickenii</i>	EN B1ab(iii)+2ab(iii); D (RCE) CR B1, B2ab iii (W)	28 km ² (RCE) 37,31 km ² (W)	11 (RCE) 594 (W) 591 (KR)	Pisoteo ganado

Nota: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (E) y Vulnerable (VU), Rara (R). CR B1+2: extensión <100 km², área de ocupación <10 km², EN B1+2: extensión <5000 km², área de ocupación <500 km², a: severamente fragmentadas o conocidas en una sola localidad, b(iii): con disminución de área, extensión y/o calidad del hábitat, CR D: <50 individuos maduros, EN D: <250 individuos maduros. SF: datos de Saldivia y Fáunderz (2007). W: datos de Walter (2016). KR: datos de Kumar y Ríos (2019). RCE: datos del Reglamento para la Clasificación de Especies.

Entre los años 2016 y 2017 se reintrodujeron 162 de los individuos crecidos en el cactario en dos sectores de Chile Chico: el aeródromo y la Plaza de los vientos. En ellos se realizaron estudios físico-químicos para conocer la viabilidad de los lugares para la reintroducción y un acondicionamiento para mejorar el sustrato, así como plantación de especies nativas asociadas (e.g. *Festuca pallescens*) donde fuese necesario (Kumar y Ríos 2019). Complementariamente, en Bahía Jara se creó un cercado para la conservación in situ de *Maihueniopsis darwini* en un predio privado. Esta acción se realizó en colaboración con el dueño, que se comprometió a crear un área de terreno donde no pudiese afectar su ganado para evitar daños a las cactáceas (SEREMI 2018b).

Asociado a este trasplante, en 2018 se inició un plan de monitoreo, tanto de los individuos trasplantados como de las colonias naturales. El trasplante fue exitoso, como se muestra en la Tabla 5. Los ejemplares se mantuvieron en buenas condiciones y floración fue registrada en 12 individuos introducidos en el Aeródromo y un individuo del cactario, sin que hubiese floración en los individuos de la Plaza de los Vientos. Sin embargo, no todos los individuos que florecieron produjeron frutos, y en algunos casos, los frutos no produjeron semillas (Kumar y Ríos 2019). La mayoría de los ejemplares que no tuvieron éxito no fue por falta de viabilidad, sino por daños por pisoteo de ganado o bien, no se encontraron nuevamente. También se realizó durante este monitoreo un estudio sobre la fenología y dispersión de semillas de las especies, cuyas conclusiones se han tratado en el apartado de "ecología". Este estudio describe las épocas de floración, fructificación y la dispersión de sus semillas, así como su reproducción por esquejes. Para ello se realizaron visitas a terreno para observar y grabar la apertura floral, la interacción con animales, recolectar frutos y semillas y examinar el suelo y fecas animales en busca de semillas (Kumar y Ríos 2019).

Tabla 5. Individuos replantados en la zona de Chile Chico y tasa de supervivencia. Fuente: Kumar y Ríos (2018).

Especie	Individuos replantados	Supervivencia en Aeródromo	Supervivencia en Plaza de los Vientos
<i>Austrocactus patagonicus</i>	40 (33 A., 7 P.V.)	100%	100%
<i>Maihuenia patagonica</i>	1 (A.)	100%	-
<i>Maihueniopsis darwini</i>	44 (33 A., 11 P.V.)	94%	25%
<i>Pterocactus australis</i>	37 (27 A., 10 P.V.)	74%	100%
<i>Pterocactus hickenii</i>	40 (32 A., 8 P.V.)	100%	100%

CONCLUSIONES

Las especies de cactáceas estudiadas en este trabajo representan una variedad de adaptaciones vegetativas y reproductivas a las condiciones ambientales de bajas temperaturas, escasa precipitación y alta exposición al viento propias de la estepa patagónica. Sobre los tipos de reproducción, hay una falta de información en la bibliografía encontrada sobre la polinización, encontrando en los informes consultados menciones a insectos voladores generalistas como la familia Apidae. Respecto de la dispersión de sus semillas, *Maihuenia patagonica* y *Maihueniopsis darwini* se dispersan probablemente por zoocoria, mientras que *Pterocactus hickenii*, *Pterocactus australis* y *Austrocactus patagonicus* por anemocoria. La reproducción in situ sería más frecuente mediante semillas, excepto *Pterocactus hickenii* que tendría mayor facilidad para la reproducción vegetativa, aunque en general en la reproducción *ex-situ* de todas las especies excepto *Maihuenia patagonica* presenta mayor éxito mediante esquejes que mediante semillas. Es importante generar más información sobre la dispersión de semillas y su germinación, así como de la reproducción vegetativa, para optimizar el éxito de las iniciativas de reproducción *ex-situ* y replantación.

Si bien los programas de conservación realizados fueron exitosos en la re-introducción de nuevos individuos en zonas potenciales, se pone de relieve que la replantación por sí sola no es suficiente para recuperar las poblaciones de estas cactáceas. Es necesario continuar con los muestreos para el seguimiento de estos programas, así como, sobre todo, las actividades de difusión dirigidas a la comunidad local, ya que gran parte de las poblaciones se encuentran en terrenos privados, lo que hace imprescindible la involucración de los propietarios y otros actores locales. Para ello una de las vías de acción podría ser actualizar los materiales de difusión, ya que los disponibles online por medio de la Seremi de Medio Ambiente Aysén cuentan con información de estudios poco recientes, basándose principalmente en Saldivia y Fáunderz (2007), cuya información ha sido ampliada posteriormente. Otra vía sería continuar las actividades con el público, tanto de concienciación como de capacitación para involucrarles en la conservación de las cactáceas. También se hace necesaria la revisión del RCE del estado de conservación, ya que los estudios indican que las actuales categorías de conservación asignadas a cada especie son inadecuadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Gobierno Regional de Aysén por proporcionar financiamiento mediante el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC), convocatoria 2017 al proyecto "Prototipo de Laboratorio Abierto de Ciencias Subantárticas" ejecutado por la Universidad de

Magallanes. A los participantes del módulo "La casa de los cactus más australes" en la localidad de Chile Chico, quienes participaron con entusiasmo en la organización y facilitaron la realización de una de las primeras experiencias bioculturales de conservación y exploración ciudadana diseñadas y ejecutadas con este proyecto, en noviembre de 2019. A Pablo Guerrero y un revisor anónimo por sus valiosas aportaciones durante la elaboración de este manuscrito.

REFERENCIAS

- Barthlott, W. (1983). Biogeography and evolution in neo-and paleotropical Rhipsalinae (Cactaceae). In *Dispersal and distribution: an international symposium, Sonderband des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg* (Vol. 7, pp. 241-248).
- Belmonte, E., Faúndez, L., Flores, J., Hoffmann, A., Muñoz, M. y Teillier, S. (1998). Categorías de conservación de cactáceas nativas de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 47: 69-89.
- De la Barrera, E. (1997). Adaptaciones reproductivas y fisiológicas a la aridez en cactáceas. Trabajo Monográfico de Actualización para obtener el Título de Licenciado en Biología. Zapopan, Jalisco. Recuperado de:
http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2934/De_la_Barrera_Montpellier_Erick.pdf?sequence=1 (07-01-2020)
- Gaitán, J.J., López, C.R. y Bran, D.E. (2009). Efectos del pastoreo sobre el suelo y la vegetación en la estepa patagónica. *Ciencia del suelo* 27(2): 261-270.
- Gajardo, R. (1994). *La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- Gibson, A. y Nobel, P. (1986). *The cactus primer*. Harvard University Press.
- Goettsch, B., Hilton-Taylor, C., Cruz-Piñón, G., Duffy, J. P., Frances, A., Hernández, H. M. et al. (2015). High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature plants* 1(10) 1-7.
- Götz, E., Gröner, G. y Cullmann, W. (1996). *Kakteen. Kultur, Vermehrung und Pflege. Lexikon der Gattungen und Arten*. Ulmer.
- Graff, P. y Aguiar, M.R. (2017). Do species' strategies and type of stress predict net positive effects in an arid ecosystem? *Ecology* 68 (3): 794-806.
- Hoffmann, A. y Walter, H. (2004). *Cactáceas en la flora silvestre de Chile*. 2º edición. Fundación Claudio Gay.
- Kattermann, F. (2010). Observations of Chilean Opuntioideae. *Cactus and Succulent Journal* 82(4): 168-171.
- Kiesling, R. (1982). The genus *Pterocactus*. *The Cactus and Succulent Journal of Great Britain*, 44(3), 51-56.
- Kiesling, R. (1984). Estudios en Cactaceae de Argentina: *Maihueiopsis*, *Tephrocactus* y géneros afines (Opuntioideae). *Darwiniana* 25: 171-215.
- Kiesling, R. (2002). *Pterocactus* (Cactaceae), nuevo registro para la flora de Chile. *Gayana Botanica* 59 (2): 61-63.
- Kiesling, M. y Pöschl, J. (2000). '*Tephrocactus*' und andere Feigenkakteen. M. Kiesling.
- Kumar, M. y Ríos, N. (2016). Prospección, monitoreo y reinserción de cactáceas en la región de Aysén. Informe no publicado, en posesión de Seremi del Medio Ambiente.
- Kumar, M. y Ríos, N. (2018). Informe 1: Monitoreo y seguimiento de especies de cactus, conservación *in-situ*. Informe no publicado, en posesión de Seremi del Medio Ambiente.
- Kumar, M. y Ríos, N. (2019). Informe 2: Monitoreo y seguimiento de especies de cactus, conservación *in-situ*. Informe no publicado, en posesión de Seremi del Medio Ambiente.
- Leuenerberger, B. E. (1997). *Cactaceae* (Vol. 31). Royal Botanic Gardens Kew.
- Macaya, J. y Bustamante, R.. 2005. *Maihueiopsis darwinii* (Hensl.) F. Ritter var. *darwinii* (Cactaceae), primera cita para la flora de Chile. *Chloris Chilensis* Año 8 N° 1
- Maestre, F. T., R. M. Callaway, F. Valladares y C. J. Lortie (2009). Refining the stress-gradient hypothesis for competition and facilitation in plant communities. *Journal of Ecology* 97:199-205.
- Maestre, F.T. (2011). Avances recientes y retos en el estudio y evaluación de la desertificación: de la teoría a la práctica. *Cuides* 7:37-60.
- Martínez, Y., Castillo Argüero, S. y Guadarrama Chávez, P. (2009). La dispersión de frutos y semillas y la dinámica de comunidades. *Ciencias*, 96(096).
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente) (s.f.). Ficha Estepa Jeinimeni-Lagunas Bahía Jara. Registro nacional de áreas protegidas. Recuperado de: <http://bdnmap.mma.gob.cl/buscador-map/#/ficha?ficha=SP1-039> (21-01-2020)

MMA (2011). Decreto N° 29, Reglamento para la Clasificación de Especies. Recuperado de: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1039460> (15-01-2020)

MMA (2006). Listado de especies y fichas finales 2° proceso RCE. Recuperado de: <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/procesos-de-clasificacion/2o-proceso-de-clasificacion-de-especies-2006/> (15-01-2020)

MMA (2009). Listado de especies y fichas finales 5° proceso RCE. Recuperado de: <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/procesos-de-clasificacion/5o-proceso-de-clasificacion-de-especies-2009/listado-de-especies-y-fichas-finales-5o-proceso-rce/> (15-01-2020)

MMA (2014). Realizan charlas a estudiantes de Chile Chico sobre biodiversidad. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/realizan-charlas-a-estudiantes-de-chile-chico-sobre-biodiversidad/> (20-01-2020)

MMA (2015a). Las estrategias de adaptación que permiten la presencia de los cactus más australes en Chile Chico. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/las-estrategias-de-adaptacion-que-permiten-la-presencia-de-los-cactus-mas-australes-en-chile-chico/> (20-01-2020)

MMA (2015b). Taller de conservación de cactus en peligro de extinción se realizará la próxima semana en Chile Chico. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/taller-de-conservacion-de-cactus-en-peligro-de-extincion-se-realizara-la-proxima-semana-en-chile-chico/> (20-01-2020)

MMA (2015c). Seremi de Medio Ambiente da a conocer resultados de la encuesta sobre los cactus más australes del mundo. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/seremi-del-medio-ambiente-da-a-conocer-resultados-de-la-encuesta-sobre-los-cactus-mas-australes-del-mundo/> (21-01-2020)

MMA (2015d). Seremi del Medio Ambiente capacita a más de 500 estudiantes sobre los cactus de Chile Chico. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/seremi-del-medio-ambiente-capacita-a-mas-de-500-estudiantes-sobre-los-cactus-de-chile-chico/> (20-01-2020)

MMA (2015e) Vecinos de Chile Chico aprenden a plantar semillas de cactus en extinción. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/vecinos-de-chile-chico-aprenden-a-plantar-semillas-de-cactus-en-extincion/> (21-01-2020)

MMA (2016). Inauguran cactario en Chile Chico para resguardar especies más australes del país. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/inauguran-cactario-en-chile-chico-para-resguardar-especies-mas-australes-del-pais/> (21-01-2020)

MMA (2018). Listado de Especies Clasificadas desde el 1° al 14° Proceso de Clasificación RCE

(actualizado a diciembre de 2018). Recuperado de: <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/> (15-01-2020)

Moreira-Muñoz, A. (2011). Cactaceae, a Weird Family and Postmodern Evolution. In *Plant Geography of Chile* (pp. 197-220). Springer, Dordrecht.

Pliscoff, P. y Lueber, F. (2006). Una nueva propuesta de clasificación de la vegetación de Chile y su aplicación en la evaluación del estado de conservación de los ecosistemas terrestres. *Revista Ambiente y Desarrollo* 22(1): 41-45.

Rodríguez, R., Marticorena, C., Alarcón, D., Baeza, C., Cavieres, L., Finot, V.L., Fuentes, N., Kiessling, A., Mihoc, M., Pauchard, A., Ruiz, E., Sanchez, P. y Marticorena, A. (2018). Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Botánica* 75(1): 1-430. <http://catalogoplantas.udec.cl>

Saldivia, P. (2009). Cactáceas de la Patagonia Chilena: Historia, distribución y antecedentes sobre sus estados de conservación. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas* 6: 15-18.

Saldivia, P. y Rojas, G. (2008). Nuevos registros y antecedentes de la familia cactaceae para Chile en la región de Aysén. *Gayana Botánica* 65(2): 198-208.

Saldivia, P. y Fáundez L. (2007). Prospección ecológica para el estudio de las cactáceas en el sitio priorizado estepa Jeinimeni - Lagunas Bahía Jara, como un primer paso para la gestión de su conservación. Informe final de consultoría de CONAMA, Región de Aysén. Recuperado de: <http://bdnnap.mma.gob.cl/recursos/SINIA/Biblio%20SP-64/396.pdf> (10-01-2020)

Señoret, F. y Acosta, J.P. (2013). *Cactáceas nativas de Chile, guía de campo*. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile.

SEREMI de Medio Ambiente Aysén (2018a). Conociendo las especies cactáceas de Chile Chico, Región de Aysén. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/04/Cartilla-EDUCATIVA-CACTUS.pdf> (10-12-2019)

SEREMI de Medio Ambiente Aysén (2018b). Estrategia regional de Biodiversidad 2015-2030, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Documento técnico de la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente, región de Aysén, financiado por el Gobierno Regional y su Consejo, bajo el Plan Especial de Zonas Extremas (PEDZE). Recuperado de: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Estrategia-Regional-de-Biodiversidad.pdf> (09-01-2020)

UICN. (2012). Categorías y Criterios de la Lista Roja



de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-2001-001-2nd-Es.pdf> (13-01-2020)

Van der Pijl, L. (1982). Principles of Dispersal in Higher Plants.

Walter, H. (2016). Implementación de un programa de reproducción y recuperación de Cactáceas de Chile Chico, Región de Aysén. Informe final de consultoría de SEREMI de Medio Ambiente, Región de Aysén. Informe no publicado, en posesión de Seremi del Medio Ambiente.

Zuloaga, F., Belgrano, M. y Zanotti, C. (2019). Actualización del Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. *Darwiniana, Nueva Serie*, 7(2): 208-278. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2019.72.861>