

Capítulo 20

Conservación *Ex Situ* de la Flora de la Región de Atacama: Métodos, Experiencias y Desafíos Futuros.

PEDRO LEÓN-LOBOS, MARCELO ROSAS, PABLO C. GUERRERO,
ANA SANDOVAL & MICHAEL WAY

RESUMEN

La conservación *ex situ* cada vez está adquiriendo mayor relevancia, a la par de la conservación *in situ*, dentro de una aproximación integradora de conservación de la diversidad biológica. En el país los esfuerzos en Conservación *ex situ* de diversidad vegetal son más bien escasos, especialmente para la flora de la Región de Atacama. El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) junto al Royal Botanic Gardens Kew, desarrolla un programa a largo plazo de conservación de semillas de plantas endémicas y amenazadas de las zonas áridas de Chile. En este contexto, se han podido recolectar semillas de al menos 68 especies en la Región de Atacama, la mayoría de estas endémicas, Vulnerables y en Peligro de Extinción, como *Leontochir ovallei*, *Maihueniopsis domeykoensis* y *Pintoa chilensis*, todas a su vez endémicas regionales y de distribución muy restringida. Semillas de estas especies están siendo conservadas al largo plazo en el Banco Base de Semillas de INIA. Se requiere desarrollar y fortalecer las acciones de conservación *ex situ* en la Región de Atacama, con el fin de salvaguardar su diversidad vegetal. Estos deberían estar concentrados en las especies En Peligro de Extinción y Vulnerables, especialmente aquellas endémicas regionales, particularmente las especies Insuficientemente Conocidas potencialmente Extintas, En Peligro o Vulnerable.

Palabras Clave: Banco Base de Semillas, flora regional, En Peligro, Vulnerable, riesgo de extinción.

INTRODUCCIÓN

La conservación *ex situ* (fuera del ambiente natural) es una efectiva herramienta de mantención y resguardo de la diversidad vegetal. A través de ella se pueden lograr paralelamente varios objetivos. El más importante es el de preservar muestras representativas de diversidad genética de poblaciones y especies de plantas amenazadas como un resguardo seguro frente a una posible extinción *in situ*. Además, de proveer suficiente germoplasma para establecer y reintroducir poblaciones o incrementar las poblaciones existentes (Linnington & Pritchard 2001). Por ello, los métodos *ex situ*, contribuyen a asegurar la sobrevivencia en el mediano y largo plazo, y por ende evitar la extinción de las poblaciones y especies silvestres (Menges et al. 2004). La conservación *ex situ* esta tomando cada vez más relevancia como estrategia complementaria a la conservación *in situ* (en el ambiente natural), dado por la

dificultad cada vez mayor de conservar la diversidad biológica en sus ambientes naturales.

A nivel nacional, existe una superficie protegida no despreciable, principalmente en Parques y Reservas Nacionales (Rovira et al. 2006). Sin embargo, la mayoría de esta superficie protegida está localizada en el extremo sur del país, quedando la zona central y norte de Chile escasamente representada en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) (Armesto et al. 1992, Squeo et al. 2003). A modo de ejemplo, sólo un 0,4% de toda la superficie de la región de Coquimbo está protegida en Parques y Reservas Nacionales. Estas áreas conservan sólo el 39% y 56% de las especies En Peligro y Vulnerable regionales, respectivamente (Squeo et al. 2001). Como señalan Squeo et al. (2001) incorporando sólo 5 sitios más a la actual configuración del SNASPE se lograría proteger el 69% y 75% de las especies En Peligro y Vulnerable, respectivamente. Algo similar sucede para la Región de Atacama, donde sólo un 1,8% de la superficie regional está protegida, en Parques y Reservas Nacionales, conservando sólo un 51% de las especies En Peligro y Vulnerable de la región (ver Squeo et al. Capítulo 8). Frente a esto urge desarrollar y fortalecer las acciones en conservación *ex situ* con miras a preservar la diversidad genética de especies de plantas endémicas y amenazadas de extinción tanto de Chile como de la Región de Atacama.

MÉTODOS DE CONSERVACIÓN *EX SITU*

Existen diversas opciones para conservar *ex situ* las especies vegetales. Maunder et al. (2004), identifica 9 diferentes métodos de conservación *ex situ*, desde los bancos genéticos en campo, pasando por jardines comunitarios, jardines botánicos hasta los más complejos basados en el uso de tecnologías como son la conservación *in vitro* y la crio-preservación. En términos prácticos, sin embargo, son 5 los métodos más conocidos y más ampliamente utilizados (Salazar et al. 2006). Estos se diferencian básicamente por el tipo de material conservado y la tecnología de preservación aplicada. Algunos conservan plantas enteras *in vivo* (p.ej., Banco genético en campo, jardines botánicos), otros conservan estructuras o partes de plantas que tienen la capacidad de llegar a generar o convertirse en nuevos individuos (p.ej., banco de semillas, de polen, de tejido *in vitro* y de crio-preservación), inclusive aquellos que permitan preservar fragmentos ADN puro, como es el caso de los bancos de genes (Linnington & Pritchard 2001). El uso de uno u otro método dependerá principalmente del objetivo del programa de conservación, el tipo de material a conservar, el desarrollo tecnológico y los recursos disponibles.

Entre los métodos de conservación *ex situ*, los bancos de semillas son el método más fácil, seguro y de mejor relación costo-beneficio. Las semillas son almacenadas bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa. Bajo condiciones standard de -18°C y 15% de Humedad Relativa es posible mantener las semillas viables en el largo plazo (FAO/IPGRI 1994), por sobre 100 años. La ventaja de este método es que permite preservar diversidad genética representativa de una gran cantidad de especies y variación intraspecifica en un espacio relativamente reducido (Linnington & Pritchard 2001). Este es un método factible para la mayoría de las especies vegetales existentes a nivel mundial, ya que una alta proporción de plantas tienen semillas con la capacidad de tolerar pérdida de humedad y sobrevivir al almacenamiento en frío (Hong et al. 1998). A este tipo de semillas se le denomina ortodoxas (*sensu* Roberts 1973). La importancia adicional de esta

aproximación es que el material genético preservado puede ser utilizado para investigación, mejoramiento de plantas, así como reintroducción de especies (Linington & Pritchard 2001) y restauración de ecosistemas. Esto último, una necesaria actividad para recuperar ambientes degradados como en zonas áridas de Chile.

Las colecciones en cultivo de los jardines botánicos, también son un método ampliamente utilizado para preservar diversidad vegetal. Desde sus inicios, estuvieron principalmente concentrados en la mantención en cultivo de muestras de especies vegetales para fines de conservación, investigación, educación y divulgación. En los últimos años, existe la tendencia en los países desarrollados, ha transformar los jardines botánicos en verdaderos centros de conservación de diversidad vegetal donde se utilizan diversos métodos, no sólo el cultivo en jardín, sino que han integrado otros métodos como la conservación de semillas e inclusive conservación *in vitro* y crio-preservación (Wyse-Jackson & Sutherland 2000). En el país, sin embargo, el desarrollo de jardines botánicos ha sido más bien lento y solamente destinado a la mantención de ejemplares en cultivo (Salazar et al. 2006).

La ventaja de preservar bajo cultivo en jardines botánicos es que, además, de conservar diversidad de especies, posibilita su divulgación e investigación. Sin embargo, la gran desventaja es que se mantienen muy pocos ejemplares por especies, representando una baja diversidad genética intraespecífica. Esto genera riesgo de pérdida de integridad genética y depresión por endogamia, especialmente en las plantas leñosas. Además, como estas colecciones están normalmente agrupadas con criterio taxonómico evolutivo, existe un alto riesgo de hibridación interespecífica y depresión por exogamia (Maunder et al. 2004, Havens et al. 2004). Finalmente, al estar al aire libre, este tipo de colecciones están sujetas a pérdida por desastres naturales y por efecto de plagas y patógenos (Havens et al. 2004).

Los bancos genéticos en campo son colecciones *ex situ*, al aire libre, principalmente utilizado para preservar germoplasma de especies cultivadas frutales y forestales (Linington & Pritchard 2001), y también para aquellas especies cuyas semillas no toleran la desecación (Recalcitrantes, Roberts 1973), con predominancia de reproducción agámica (vegetativa) y para especies de ciclo de vida largo, donde se tarda demasiado en obtener plantas adultas a partir de semillas. Con este método, normalmente, se mantienen muchos más individuos por accesión que en los jardines botánicos (Linington & Pritchard 2001), aunque no necesariamente esto implica mayor diversidad genética, ya que normalmente los individuos de una accesión pueden ser todos clones o representan genotipos "elite" seleccionados. Este método tiene un relativo alto costo de mantención, también una alta probabilidad de daño por desastres naturales, hibridación y daño por pestes y patógenos (Havens et al. 2004).

Los bancos de tejidos *in vitro*, surgen como una necesidad para preservar en forma más segura, germoplasma de especies recalcitrantes y de propagación vegetativa. En esta técnica, un explante (órgano, tejido o célula), se cultiva en forma aséptica en un medio nutritivo a condiciones controladas de luz y temperatura. Esta metodología permite preservar gran número de plantas en espacios reducidos, lograr un mayor control fitosanitario de las colecciones y facilita el intercambio de material (Pence et al. 2002) La gran desventaja es que requiere constantes repiques y cambio del medio de cultivo, incrementado los costos de mantención, aumenta el riesgo de contaminación microbiana y

pérdida de material por error humano. El crecimiento del explante, puede ser retardado reduciendo la temperatura y luminosidad, aplicando al medio retardantes químicos o reduciendo el nivel de oxígeno presente. Bajo estas condiciones, los intervalos de repique, pueden ser extendidos hasta un año o más (Linington & Pritchard 2001). Aunque esta técnica se usa principalmente para preservación a mediano plazo de especies cultivadas, el desarrollo reciente de la técnica de recolección *in vitro* da la oportunidad de expandir la recolección de germoplasma a aquellas especies En Peligro con semillas recalcitrantes o con problemas de disponibilidad de semillas *in situ* (Pence et al. 2002). En este caso la conservación *in vitro*, puede ser utilizada como un método intermedio y en forma temporal hasta que las semillas sean generadas.

La crio-preservación es un método efectivo y de relativo bajo costo que permite preservar material genético en forma sustentable en el largo plazo. Se basa en la reducción y detención de las funciones metabólicas de materiales biológicos en Nitrógeno líquido a -196°C. A esta extrema temperatura los procesos de división celular y actividad metabólica se detienen completamente. Así el material vegetal puede ser conservado sin alteraciones o modificaciones por un tiempo teóricamente ilimitado, Aún más, las muestras pueden ser almacenadas en un volumen reducido, están protegidas frente a contaminación, requieren muy poca mantención y no sufren mutaciones (Engelmann & Engels 2002). Su desventaja es que se requiere desarrollar protocolos de crio-preservación para cada especie de planta, ya que éstas pueden responder de forma diferente a esta metodología. A través de este método se pueden conservar distintos tipos de materiales como células, tejidos, polen, semillas o embriones, yemas y tejido meristemático (Linington & Pritchard 2001).

La crio-preservación fue utilizada inicialmente para preservar germoplasma de especies cultivadas de semillas recalcitrantes. Sin embargo, ha adquirido creciente importancia para preservar germoplasma de especies silvestres, especialmente aquellas Raras y En Peligro de Extinción (Touchell & Dixon 1993). Aún más, en estos momentos hay mayor desarrollo de protocolos para especies silvestres que para las cultivadas (Engelmann 2004). En las zonas áridas de Chile las especies con semillas recalcitrantes, que podrían requerir la aplicación de este método, son escasas o ausentes. Pero al igual que la conservación *in vitro*, su aplicación podría darse para las especies Raras y En Peligro de Extinción, permitiendo ser usado en forma complementaria a los bancos de semillas.

CONSERVACIÓN *EX SITU* DE LA FLORA DE ATACAMA

La conservación *ex situ* de la diversidad vegetal en el país es de desarrollo reciente y por ende iniciativas de este tipo con la flora de Atacama son acotadas. El Jardín Botánico Nacional de Viña del Mar conserva muestras del 46% de las especies de cactáceas de la Región de Atacama dentro de una colección de cactáceas chilenas (P Novoa, com.pers.). Por otro lado, el 100% de las cactáceas presente en esta región son mantenidas en una colección privada en Chile (H Walter, com.pers.).

Por su parte, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), en el marco de un Convenio con el Royal Botanic Gardens Kew, desarrolla un importante programa de conservación *ex situ* de la flora de zonas áridas de Chile, cuyo objetivo es conservar el 20% de la flora endémica y amenazada de

la zona desértica y mediterránea del país. Dentro de este proyecto se han hecho esfuerzos por recolectar diversidad genética de la Región de Atacama. Esto en base a una priorización previa ha permitido concentrar los esfuerzos en aquellas especies filogenéticamente únicas y endémicas (Guerrero et al. Capítulo 19). A la fecha se han recolectado y se conservan en el Banco Base de Semillas (Vicuña, Valle de Elqui, Chile), 114 muestras de la Región de Atacama, 85 de las cuales han sido determinadas a nivel de especies, subespecies o variedades, correspondiente a 68 especies. La diferencia entre este valor y el anterior, es debido a que en algunos casos existe más de una muestra recolectada por especie (p.ej., 4 muestras de *Leontochir ovallei*) y para varias especies se conservan muestras representativas de distintas subespecies, esto último especialmente para algunas cactáceas endémicas.

La mayoría de las especies de la Región de Atacama conservadas *ex situ*, están catalogadas Fuera de Peligro de Extinción (Fig. 1). Estas suman 49, correspondiente a un 72% de las especies conservadas. En mucho menor proporción están las especies En Peligro y Vulnerable, correspondientes a un 7,5% y 13% del total conservado *ex situ* de esta región. Las especies Insuficientemente Conocida suman 5 especies correspondientes a un 7,5% del total.

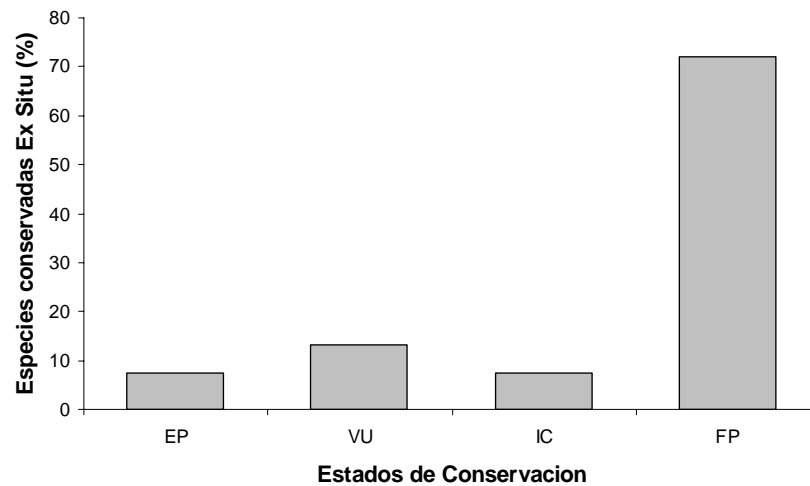


Fig. 1. Porcentaje de especies por estado de conservación de la flora de Atacama, conservadas *ex situ* en el Banco Base de Semillas. N= 68 especies. Estados de Conservación, según Squeo et al. (Capítulo 6).

Dentro de las especies En Peligro conservadas en el Banco Base de Semillas destacan *Leontochir ovallei*, *Maihueiniopsis domeykoensis* y *Pintoa chilensis*, todas endémicas regionales y de distribución muy restringida. En las Vulnerable destacan *Balsamocarpon breviflorum*, *Copiapoa megarhiza*, *Eriosyce crispera* y *E. eriosyzoides*, entre otras. Todas estas cactáceas, a su vez son endémicas a la Región de Atacama (Squeo et al. Capítulo 6).

Los bajos valores de las especies amenazadas (En Peligro y Vulnerable) conservadas en comparación con las Fuera de Peligro, sugiere bajo nivel de éxito del programa de conservación *ex situ*. Sin embargo, al hacer el análisis por endemismo, se encuentra que un alto porcentaje (84%) de las especies conservadas son endémicas al país. Específicamente, un 26,5% del total son

endémicas a la Región de Atacama y un 57,4% de las endémicas también se encuentra en otras regiones del país (Fig. 2). Cabe mencionar que la mayoría de éstas están restringidas a pocas regiones, no más de 2 a tres regiones de distribución, principalmente entre las regiones de Antofagasta y Coquimbo. Pensando que el objetivo del programa de conservación *ex situ* son las endémicas y amenazadas de extinción, el análisis por endemismo indica un alto nivel de éxito de dicho programa. También hay que destacar que sólo recién se está conociendo el estado de conservación de la flora de Atacama (según Squeo et al. Capítulos 4 y 6).

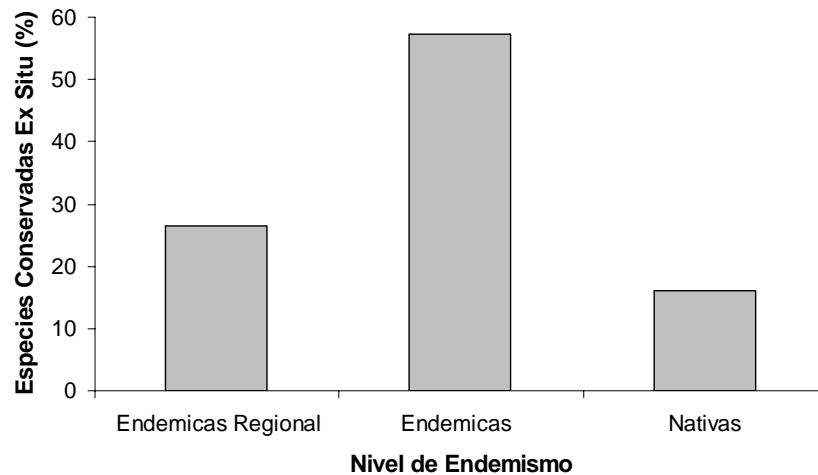


Fig. 2. Porcentaje de especies por nivel de endemismo, de la Región de Atacama conservadas en Banco Base de Semillas. N= 68. Datos de Endemismo según Squeo et al. (Capítulo 6).

DESAFÍOS FUTUROS

El conocimiento detallado sobre el estado de conservación sin duda que es un efectivo instrumento para priorizar y dirigir los esfuerzos para la conservación, no sólo *in situ* sino que también *ex situ*. Esto es relevante dado que normalmente los recursos son escasos, además de lo costoso y demandante de esfuerzo que implica la conservación y especialmente la recolección de germoplasma.

La cada vez menor superficie disponible para conservación *in situ*, la degradación y creciente presión sobre los ecosistemas naturales, sumado a los escenarios climáticos futuros (Juliá et al. Capítulo 3), harán más que necesario, si no más bien imprescindible, la realización de esfuerzos de conservación *ex situ* en el país, en especial en las zonas áridas. Producto del cambio climático se prevé un incremento de 2°C a 4°C y una reducción de las precipitaciones en la franja costera e intermedia de la zona centro-norte de Chile (Juliá et al. Capítulo 3) provocando mayor sequía e incremento de la tasa de desertificación, aumentando con ello, la degradación de los ecosistemas naturales y aumentando la pérdida de biodiversidad por extinción (Sala et al. 2000, ICCP 2007).

En estos escenarios, sin duda que uno de los grandes desafíos para el país y por ende para la Región de Atacama, es asegurar la conservación y disponibilidad futura del patrimonio genético. Dado que la conservación *in situ* de todas las especies, aunque ideal no es realista, se deben redoblar los esfuerzos en conservación *ex situ*, principalmente a través de Jardines Botánicos y Bancos de Semillas. Una mayor coordinación entre los jardines botánicos chilenos ofrece una oportunidad a aumentar la capacidad nacional para la conservación *ex situ* (Hahn & Gómez de la Fuente 2007)

Urgentes esfuerzos deben ser realizados para conservar las especies En Peligro y Vulnerable de la Región de Atacama, especialmente aquellas especies endémicas regionales (Squeo et al. Capítulo 4, Tabla 7). Estas especies, dado sus endemismos muy restringidos, reducidos tamaños poblacionales y escasas poblaciones, están muy propensas a la extinción por factores demográficos, estocasticidad ambiental (sequía, aluviones) y principalmente por la acción humana. Esta necesidad es aún más urgente debido a que la mayoría de ellas no están protegidas en Parques o Reservas Nacionales (Squeo et al. Capítulo 8).

Un porcentaje no menor (un poco más del 10%), de las especies En Peligro y Vulnerable de la región tienen su límite norte o sur de distribución en la Región de Atacama (Squeo et al. Capítulo 4). Las poblaciones localizadas en los extremos del rango de distribución de una especie de amplia distribución, tienen pool genéticos adaptados a condiciones locales, normalmente diferentes al pool genético de las poblaciones del centro de su rango distribución. Estos genotipos pueden estar más propensos a extinción local por cambio en las condiciones ambientales. Esto es especialmente probable para especies con límite norte de distribución en la región, producto del incremento de la desertización por cambio climático. Por ello, esfuerzos en conservación *ex situ* también deben ser enfocados en estas poblaciones.

Según el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, una especie se clasifica como "Insuficientemente Conocida" cuando existiendo presunciones fundadas de riesgo, no hay información suficiente para asignarla a una de las categorías de conservación definida (CONAMA 2005). Llama la atención el porcentaje relativamente alto de especies Insuficientemente Conocida, tanto endémicas nacionales (41,4%) como aquellas endémicas a la Región de Atacama (49,4%) (Squeo et al. Capítulo 4). Esto demuestra el aún bajo conocimiento sobre la flora de la región, a pesar de los esfuerzos realizados por naturalistas, botánicos y ecólogos en el pasado y en especial el esfuerzo que implicó generar y recopilar información en el marco del presente libro rojo. Sin duda que es necesario desarrollar con prontitud iniciativas de investigación botánica y ecológica para incrementar el conocimiento sobre las especies vegetales Insuficientemente Conocidas de la Región de Atacama, en particular las Insuficientemente Conocidas potencialmente Extintas [IC(EX?)], en Peligro de Extinción [IC(EP?)] y Vulnerables [IC(VU?)]. Para la Región de Atacama se catalogan 17 especies IC(EX?) y 5 IC(VU?), que representan un 22% y 6,5%, de las endémicas regionales. No se registran IC(EP?) dentro de las endémicas regionales (Squeo et al. Capítulo 4).

Recolectar muestras representativas de la diversidad genética de especies vegetales para fines de conservación *ex situ*, implica mucho tiempo en terreno prospectando normalmente amplias zonas geográficas. Además, de recolectar germoplasma, se recogen muestras de herbario para identificación taxonómica e información asociada sobre localidad, hábitat, datos poblacionales y sobre las

comunidades vegetales (Way 2003, Gold et al. 2004). Por ello los programas de conservación *ex situ* representan una excelente oportunidad para recopilar y generar conocimiento sobre las especies Insuficientemente Conocidas. Las especies Insuficientemente Conocidas potencialmente Extintas y potencialmente Vulnerables de la Región de Atacama se muestran en la tabla 1, ellas son prioritarias en los esfuerzos de prospección que el Banco Base de Semillas tiene pensado a futuro.

Tabla 1. Listado de especies endémicas de la Región de Atacama Insuficientemente Conocidas potencialmente Extintas y Vulnerables. Estado de Conservación (EC): IC = Insuficientemente Conocidas, IC(EX?) = potencialmente extinta, IC(VU?) = potencialmente Vulnerable. Datos según Squeo et al. (Capítulo 6).

EC	Familia	Nombre Científico
IC(EX?)	Fabaceae	<i>Adesmia odontophylla</i>
IC(EX?)	Papaveraceae	<i>Argemone crassifolia</i>
IC(EX?)	Bignoniaceae	<i>Argylia bifrons</i>
IC(EX?)	Fabaceae	<i>Astragalus valerianensis</i>
IC(EX?)	Portulacaceae	<i>Calandrinia stricta</i>
IC(EX?)	Asteraceae	<i>Conyza copiapina</i>
IC(EX?)	Boraginaceae	<i>Crypthanta dichita</i>
IC(EX?)	Poaceae	<i>Eragrostis pycnantha</i>
IC(EX?)	Brassicaceae	<i>Ivania cremnophila</i>
IC(EX?)	Asteraceae	<i>Leucheria polyclados</i>
IC(EX?)	Brassicaceae	<i>Menonvillea macrocarpa</i>
IC(EX?)	Caryophyllaceae	<i>Microphytes robusta</i>
IC(EX?)	Oxalidaceae	<i>Oxalis leucophylla</i>
IC(EX?)	Cyperaceae	<i>Scirpus trachycaulos</i>
IC(EX?)	Violaceae	<i>Viola godoyae</i>
IC(EX?)	Violaceae	<i>Viola pseudasterias</i>
IC(EX?)	Violaceae	<i>Viola vallenarensis</i>
IC(VU?)	Cactaceae	<i>Copiapoa serpentisulcata</i>
IC(VU?)	Asteraceae	<i>Haplopappus breviradiatus</i>
IC(VU?)	Asteraceae	<i>Senecio balsamicus</i>
IC(VU?)	Solanaceae	<i>Solanum herba-bona</i>
IC(VU?)	Solanaceae	<i>Solanum pissisi</i>
IC	Polygalaceae	<i>Polygala solieri</i>
IC	Brassicaceae	<i>Polypsecadium zoellneri</i>

Dado a sus reducidos tamaños poblacionales y restricciones en su reproducción (polinización, predación y aborto de semillas), es muy probable que en la mayoría de estas especies sea difícil obtener cantidades adecuadas de semillas para conservación *ex situ* a largo plazo. Para ellas se requerirá implementar acciones de propagación y cruzamientos dirigidos con el fin de incrementar la disponibilidad de semillas manteniendo la estructura genética poblacional.

Finalmente, se deben fortalecer capacidades regionales en Conservación *ex situ*. El desarrollo de un Jardín Botánico Regional de Atacama y Jardines Botánicos Comunes son una alternativa necesaria, no sólo para conservar la diversidad vegetal, sino que también para promover el conocimiento, difusión e investigación de la flora regional. Los Bancos de Semillas, como el localizado en la Región de Coquimbo, sin duda que ayudan bastante para preservar la flora de la Región de Atacama. Lo importante es que, independiente de las iniciativas, éstas sean coordinadas y enmarcadas en la Estrategia Nacional de Conservación de la Diversidad Biológica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Millennium Seed Bank Project, Royal Botanic Gardens Kew, por su apoyo a la conservación de la flora de las zonas áridas de Chile.

REFERENCIAS

- ARMESTO JJ, C SMITH-RAMIREZ, P LEÓN & MTK ARROYO (1992) Biodiversidad y conservación del bosque templado en Chile. *Ambiente y Desarrollo* 7: 19-2
- CONAMA (2005) Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres. <http://www.conama.cl/clasificacionespecies/1.htm>
- ENGELMANN F (2004) Plant cryopreservation: Progress and prospects. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant* 40: 427-433.
- ENGELMANN F & JMM ENGELS (2002) Technologies and Strategies for *Ex Situ* Conservation. En: (JMM Engels V Ramanatha Rao, AHD Brown & MT Jackson, eds) *Managing Plant Genetic Diversity*: 89-103. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- FAO/IPGRI (1994) *Genebanks Standards*. United Nations Food and Agriculture Organization & International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 13 pp.
- GOLD K, P LEÓN-LOBOS & M WAY (2004) *Manual de Recolección de Semillas de Plantas Silvestres para Conservación a Largo Plazo y Restauración*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110, 60 pp.
- HAHN S & P GÓMEZ DE LA FUENTE (2007) I Reunión de los Jardines Botánicos de Chile. *Chloris Chilensis* 10. (www.chlorischile.cl)
- HAVENS K, EO GUERRANT Jr., M MAUNDER & P VITT (2004) Guidelines for *Ex Situ* Conservation Collection Management: Minimizing Risk. En: (EO Guerrant, K Havens & M Maunder, eds) *Ex Situ* Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild: 454-473. Society for Ecological Restoration International. Center for Plant Conservation. Island Press. Washington.
- HONG TD, S LININGTON & RH ELLIS (1998) *Compendium of information on seed storage behaviour*. Vols. I & II. Royal Botanic Gardens, Kew.
- IPCC (2007) *IPCC Fourth Assessment Report. Working Group II Report: Impact, Adaptation and Vulnerability. Chapter 4: Ecosystems, their Properties, Goods and Services*. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter4.pdf>
- LININGTON S & HW PRITCHARD (2001) Gene Banks. En: (SA Levin, ed). *Encyclopedia of Biodiversity*. Vol. 3: 165-181. Academic Press, New York.

- MAUNDER M, K HAVENS, EO GUERRANT Jr & D FALK (2004) *Ex Situ* Methods: A vital but Underused Set of Conservation Resources. En: (EO Guerrant, K Havens & M Maunder, eds) *Ex Situ* Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild: 3-20. Society for Ecological Restoration International. Center for Plant Conservation. Island Press. Washington.
- MENGES ES, EO GUERRANT Jr. & S HAMZÉ (2004) Effect of Seed Collection on the Extinction Risk of Perennial Plants. En: (EO Guerrant K Havens & M Maunder, eds) *Ex Situ* Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild: 305-324. Society for Ecological Restoration International. Center for Plant Conservation. Island Press. Washington.
- PENCE V, JA SANDOVAL, VM VILLALOBOS & F ENGELMANN (2002) *In vitro* collecting techniques for germplasm conservation. IPGRI Technical Bulletin No. 7. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- SALA O, FS CHAPIN III, JJ ARMESTO, E BERLOW, J BLOOMPELD, R DIRZO, E HUBER-SANWALD, L HUENNEKE, R JACKSON, A KINZIG, R LEEMANS, D LODGE, H MOONEY, M OESTERHELD, N LEROY POFF, M SYKES, B WALKER, M WALKER & D WALL (2000) Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- SALAZAR E, P LEÓN-LOBOS, C MUÑOZ & M ROSAS (2006) Estado de la Conservación *Ex Situ* de Recursos Genéticos Vegetales en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Boletín INIA N° 156.
- SQUEO FA, G ARANCIO & L CAVIERES (2001) Sitios Prioritarios para la Conservación de la Flora Nativa con Riesgos de Extinción en la IV Región de Coquimbo, Chile. En: (FA Squeo, G Arancio & JR Gutiérrez, eds) Libro Rojo de la Flora Nativa y los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo: 171-193. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena.
- SQUEO FA, E BELMONTE, G ARANCIO, M LEÓN, MTK ARROYO, P BECERRA, LA CAVIERES, A MARTICORENA, C SMITH-RAMÍREZ, O DOLLENZ & R ROZZI (2003) Clasificación revisada de los ecosistemas terrestres del país y sus prioridades de conservación. Informe final para CONAMA Central. [en línea] <<http://www.biouls.cl/ecosistemas>> [consultado el 15 de enero de 2008].
- ROBERTS EH (1973) Predicting the storage life of seeds. *Seeds Science & Technology* 1: 499-514.
- ROVIRA J, D ÁLVAREZ, K MOLT & D ORTEGA (2006) Áreas Silvestres Protegidas. En: (P Saball, MTK Arroyo, JC Castilla, C Estades, S Larraín, C Moreno, L Sierraalta, J Rovira, MJ Ladrón de Guevara & F Rivas, eds) Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos: 512-559. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago.
- TOUCHELL DH & KW DIXON (1993) Cryopreservation of seed of Western Australian native species. *Biodiversity and Conservation* 2: 594-602.
- WAY M (2003) Collecting Seed from Non-domesticated Plants for Long-Term Conservation. En: (RD Smith, JB Dickie, S Linington, HW Pritchard & RJ Probert, eds.) *Seed Conservation: Turning Science into Practice*: 165-201. The Royal Botanic Gardens Kew, United Kingdom.
- WYSE-JACKSON PS & LA SUTHERLAND (2000) International Agenda for Botanic Gardens in Conservation. Botanic Gardens Conservation International, U.K. [en línea] <<http://www.bgci.org/policy/gspc/>> [consultado el 12 de enero de 2008].