

## Capítulo 8

### Definición de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Flora Nativa de la Región de Atacama

FRANCISCO A. SQUEO, LUIS LETELIER, RODRIGO A. ESTEVEZ,  
LOHENGRIN A. CAVIERES, MARITZA MIHOC, DAVID LÓPEZ &  
GINA ARANCIO

#### RESUMEN

La Región de Atacama posee actualmente una superficie protegida dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) cercana al 1,7% de la superficie regional (1,8% al incluir el Área Marina y Costera Protegida (AMCP) Isla Grande de Atacama). Considerando todos los sitios de protección de la biodiversidad que han sido propuestos se alcanza al 16,7% de la superficie regional. Se analizaron 6 casos que representan distintos escenarios de inclusión obligada de distintos tipos de sitios de protección, utilizando un análisis de selección de sitios que tiene objetivos explícitos de búsqueda (un porcentaje del área de ocupación de las especies con problemas de conservación y un porcentaje de las comunidades vegetacionales). En la situación actual de protección, sólo el 31,9% de las 94 especies En Peligro y Vulnerables logra cumplir su meta de superficie en el actual SNASPE + AMCP y se llega a sólo el 47,9% al agregar otros sitios propuestos. El cumplimiento total de los objetivos de búsqueda (i.e., mejor solución) se logra con una superficie de entre 8,4% y 12,2% de la superficie regional, dependiendo de las unidades que se obliguen a entrar a la solución. Junto con cumplir las metas de conservación, en estas soluciones están presentes entre el 79,5% y el 84,5% de las especies de plantas nativas. El diseño final propone 28 Sitios prioritarios a los que se suman las unidades existentes (SNASPE + AMCP + RNP). Esta configuración alcanzó al 13% de la superficie regional, protege al 96% de las especies con problemas de conservación de la Región de Atacama y contiene al 82,5% del total de especies nativa que habitan la Región de Atacama. Hay consistencia entre gran parte de los sitios prioritarios y las zonas seleccionadas en forma independiente por un Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE).

**Palabras Clave:** SPOT, costos de conservación, biodiversidad, En Peligro, Vulnerable.

#### INTRODUCCIÓN

La pérdida de biodiversidad es uno de los problemas ambientales más importantes a escala global. Chile suscribió el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) de las Naciones Unidas en 1992 y lo ratificó como Ley de la República en 1994. Se comprometió así a elaborar e implementar una Estrategia y Plan de Acción para la Biodiversidad (EPAB) para conciliar los

objetivos del CDB con el uso actual de los recursos biológicos y las metas de desarrollo social y económico del país. Esta EPAB plantea establecer un nivel adecuado de protección oficial para la totalidad de los ecosistemas relevantes del país. El resultado del mismo es la consolidación de un sistema nacional de áreas silvestres protegidas públicas y privadas que aseguren a las generaciones futuras el resguardo de su patrimonio natural y el aprovechamiento racional de sus recursos (CONAMA 2002).

En este contexto, CONAMA realizó durante el año 2002 un diagnóstico inicial del estado de la biodiversidad, sobre la base de la clasificación de Formaciones Vegetales establecida por Gajardo (1994) y la información de uso actual del territorio contenida en el Catastro de las Formaciones Vegetacionales Nativas de Chile elaborado por CONAMA y CONAF en 1997 (CONAF 1999), el cual fue complementado a nivel Regional con información local. El resultado de ese diagnóstico fue la identificación de 8 sitios para conservación que eventualmente aumentarán la representatividad de las áreas bajo protección oficial. Los sitios definidos en la EPAB para la Región de Atacama suman 8.636 km<sup>2</sup>, los que representa el 11,4% de la superficie regional (Fig. 1).

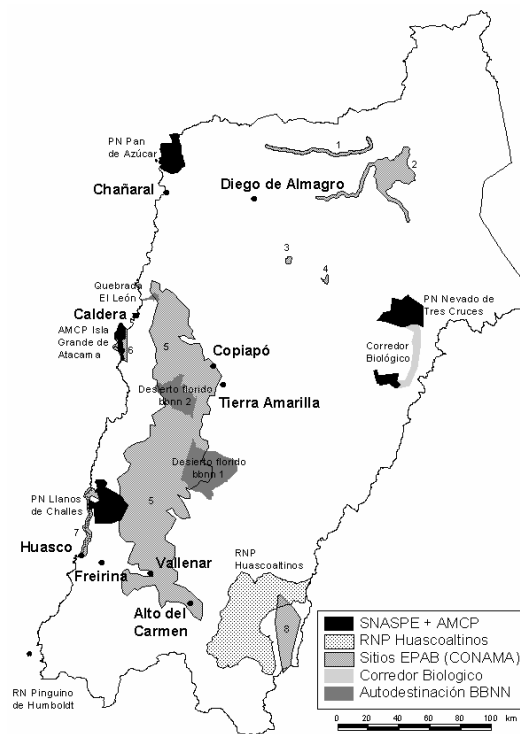
Apuntando a ese mismo objetivo, y dado que el desarrollo del proceso de elaboración de la EPAB promueve un enfoque ecosistémico, se identificó los tipos de ecosistemas naturales más urgentes de conservar considerando su baja o nula representación en el Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) (Squeo 2003). De esta manera se hacía posible priorizar los sitios propuestos en el proceso de elaboración de la EPAB sobre la base de los ecosistemas naturales más urgentes de conservar.

Formalmente, la diversidad biológica o “biodiversidad” se define como la variedad y variabilidad entre los organismos vivos y los complejos ecológicos en los cuales estos organismos se encuentran” (OTA 1987). La biodiversidad comprende tres atributos: composición, estructura y funcionamiento. Estos atributos fundamentales se expresan a cuatro niveles jerárquicos de organización: genético, poblacional, específico y ecosistémico (Noss 1990). De esta forma, la biodiversidad incluye la diversidad entre y dentro de las especies tanto al nivel de taxa, como al nivel de poblaciones y genes, y entre y dentro de los ecosistemas, considerando sus respectivas comunidades y agrupaciones mayores, tales como las ecoregiones y biomas. En términos simples, la biodiversidad es la suma total de toda la variación biológica desde el nivel de genes individuales a ecosistemas (Purvis & Hector 2000).

A nivel mundial, Chile mediterráneo (i.e., entre los 25°S hasta los 40°S) ha sido reconocido entre los 34 “World Biodiversity Hotspots for Conservation Priority” (Mittermeier et al. 2004). La alta diversidad y endemismo de plantas vasculares en el “hotspot” chileno se relaciona con la alta heterogeneidad climática y topográfica, cambios climáticos recurrentes en el pasado, y la naturaleza de Chile como una isla biogeográfica (Cowling et al. 1996, Arroyo et al. 1999, Squeo et al. 2001).

En algunas regiones de Chile existen experiencias recientes de análisis de la biodiversidad al nivel de especies. En la II Región de Antofagasta, trabajos de Squeo et al. (1998) y Cavieres et al. (2002) describen la diversidad vegetal terrestre y proponen sitios para su conservación. En la IV Región de Coquimbo, Squeo et al. (2001) establecen las categorías de estados de conservación para la flora terrestre, información que en conjunto con diversidad de especies y de endemismos, también definen sitios prioritarios para su conservación. Más

recientemente, Serey et al. (2007) publicaron el libro rojo de la Región de O'Higgins, definiendo sitios prioritarios para la protección de la flora y fauna amenazada.



**Fig. 1.** Unidades de protección de la biodiversidad definidos previamente en la Región de Atacama. Los sitios de EPAB (CONAMA) son: 1= Qda. Doña Inés Chica, 2= Salar de Pedernales, 3= Finca Chañaral, 4= El Pingo, 5= Desierto Florido, 6= Morro - Río Copiapó, 7= Estuario Huasco y Carrizal, 8= Lagunas Huasco Altinas.

La conservación de la biodiversidad implica tanto la mantención de las especies que conforman los ecosistemas, como la preservación de la estructura y funcionalidad de los ecosistemas. Estos dos objetivos son complementarios puesto que la conservación de las especies es esencial para la mantención de la integridad de los ecosistemas, mientras que la mantención de la integridad de los ecosistemas, es fundamental para prevenir la extinción local y global de las especies (Squeo et al. 2001). En este sentido, el logro de una representación de las comunidades vegetales terrestres es complementaria a la definición de sitios basados en la biodiversidad a nivel de especies. En términos operacionales, la vegetación constituye la mejor aproximación disponible para caracterizar las unidades ecológicas (Benoit 1996, Lagos et al. 2001).

El objetivo de este capítulo es establecer sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en la Región de Atacama, en base a las especies de plantas vasculares con problemas de conservación y las formaciones vegetacionales.

## METODOLOGÍA

En este estudio se consideraron unidades de protección de la biodiversidad de la Región de Atacama definidas en estudios previos. Están las unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE, 1.287 km<sup>2</sup>, 1,7% de la superficie regional), el Área Marina y Costera Protegida (AMCP) Isla Grande de Atacama (96 km<sup>2</sup> terrestres, 0,1%), la autodestinación del Ministerio de Bienes Nacionales (BBNN) Quebrada El León (30 km<sup>2</sup>, 0,04%) y otras dos unidades en proceso de auto destinación por parte de BBNN (Desierto Florido 1 y 2, 1.172 km<sup>2</sup>, 1,6%), el Área Silvestre Protegida Privada Huascoaltinos (ASPP, que tendría la calidad de Reserva Natural Privada (RNP), 2.197 km<sup>2</sup>, 2,9%), el corredor biológico del PN Nevado de Tres Cruces, que une las áreas de Laguna del Negro Francisco con Laguna Santa Rosa, propuesto por la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 223 km<sup>2</sup>, 0,3%) y los sitios prioritarios definidos en la EPAB de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA, 8.636 km<sup>2</sup>, 11,4%) (Fig. 1). Algunas de estas unidades se superponen parcial o completamente, por lo que no pueden sumarse sus superficies en forma directa. Eliminando las superposiciones, estas unidades representan 12.606 km<sup>2</sup>, el 16,7% de la superficie regional.

Se utilizó la metodología propuesta por The Nature Conservancy (TNC) respecto a establecer portafolios de conservación basados en criterios explícitos. Esta metodología ha sido utilizada para desarrollar planificación territorial en Norte América y otros países, está basada en el uso del programa SITES. La versión SITES 1.0 fue desarrollada en la University of California, Santa Barbara, y estaba destinada a apoyar los procesos de planificación eco-territoriales de TNC. Una versión más avanzada de esta metodología es el programa SPOT (en español, Optimización del Portafolio Espacial, Shoutis 2002).

Estos programas son herramientas que se utilizan asociadas a ArcView, y están diseñadas para facilitar el diseño y análisis de portafolios de conservación. El sistema utilizado para seleccionar un sistema representativo de reservas naturales se denomina "Site Selection Module (SSM)". SSM proporciona un procedimiento heurístico para la selección de los portafolios de conservación, el cual se basa en la búsqueda de un objetivo cuantitativo de conservación (p.e., una proporción de la superficie que ocupa una comunidad) utilizando la menor cantidad de sitios posibles.

El procedimiento utilizado por SPOT es conocido como "Simulated Annealing", el cual evalúa completamente los sistemas de reserva en cada paso, y compara un número muy grande de sistemas de reservas alternativas (en nuestro caso se utilizaron 1.000.000 alternativas). Puesto que es posible encontrar más de una solución final, el procedimiento se repitió 100 veces, lo que garantiza el encuentro de la "mejor solución". El mayor avance de SSM sobre otros acercamientos de conservación enfocados en sitios específicos es que permite un análisis con mayor control de la configuración espacial del portafolio de conservación.

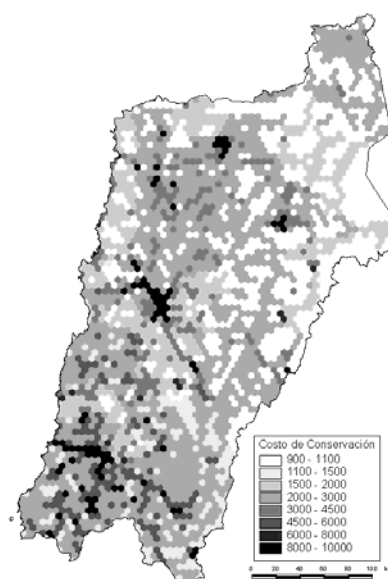
Para tener una visión más completa de la teoría de planificación de la conservación y los métodos empleados se recomienda leer Cocks & Baird 1989, Csuti et al. 1997, Margules et al. 1988, Pressey et al. 1993, 1999, Faith & Walker 1996, Underhill 1994.

## Definición de las Variables y Descripción del Procedimiento

*Unidades de Planificación.* Para el análisis de SPOT, la Región de Atacama fue dividida en 3.232 hexágonos de 25 km<sup>2</sup> (unidades de planificación). El área de distribución de las especies se obtuvo cruzando la información georeferenciada de la base de datos de colectas (ver Capítulo 4) con la cobertura de unidades de planificación. Idéntico procedimiento se utilizó con las formaciones vegetacionales de Gajardo.

*Costo de conservación.* El costo de conservación es un término empleado en ecología de la conservación para referirse a la factibilidad de realizar acciones de conservación en un área determinada. Con fines operativos es equivalente a establecer el grado de amenaza, puesto que el uso del suelo destinado a fines productivos (p.ej., ciudades, agricultura, plantaciones forestales exóticas) tiene un alto costo de conservación en comparación a sectores que no presentan este tipo de usos. En este trabajo se utilizaron las siguientes variables para establecer el costo de conservación: a) la cobertura de caminos, b) las coberturas de centros poblados, c) las coberturas de centros mineros y, c) la cobertura de uso del suelo.

El costo de conservación de cada hexágono fue el valor máximo de estas cuatro variables. Para los análisis con SPOT, el costo de conservación fue convertido a unidades numéricas: Nulo= 1.250, Bajo= 2.500, Medio= 5.000, Alto = 10.000, y ajustado por la propiedad de la tierra (Fig. 2). Con el ajuste que considera la propiedad de la tierra, un hexágono con costo dado y de propiedad pública tiene un costo de conservación menor a uno privado, pero mayor que la categoría inferior de propiedad privada. Ver detalles del cálculo del costo de conservación en Estévez et al. (Capítulo 9).



**Fig. 2.** Costo de conservación para la Región de Atacama. Los valores van desde 900 unidades en terrenos públicos con bajo impacto hasta 10.000 unidades en terrenos privados con alto impacto (ver explicación en el texto y Capítulo 9).

*Objetivos de búsqueda.* Para todos los análisis se utilizaron los siguientes objetivos de búsqueda:

- a. 50% del área de distribución de las especies EP no endémicas de Atacama (20 spp)
- b. 75% del área de distribución de las especies EP endémicas de Atacama (6 spp)
- c. 10% de las VU no endémicas de Atacama (54 spp)
- d. 25% de las VU endémicas de Atacama (14 spp)
- e. 0% de las fuera de Peligro (460 spp)
- f. 0% de las insuficientemente conocidas (418 spp)
- g. 10% de las formaciones de Gajardo (relativo a la superficie de la formación en Chile).

*Casos analizados.* En este capítulo se analizaron 6 casos o escenarios posibles de conservación. Esto implica definir en SPOT la condición de entrada de las unidades de planificación (hexágonos). Estas condiciones de entrada corresponden a una de las 4 siguientes categorías: inicialmente dentro (sugerido), inicialmente fuera (la situación básica de una unidad de conservación), obligado y excluido desde el inicio de la solución. Se consideró que un hexágono de 25 km<sup>2</sup> representaba a una unidad de protección de la biodiversidad (Fig. 1), cuando éste contenía un mínimo del 20% de la superficie de la unidad. Debido a esto, las superficies mostradas en la tabla 4 son levemente mayores a las indicadas al comienzo de esta sección.

Los 6 casos analizados son:

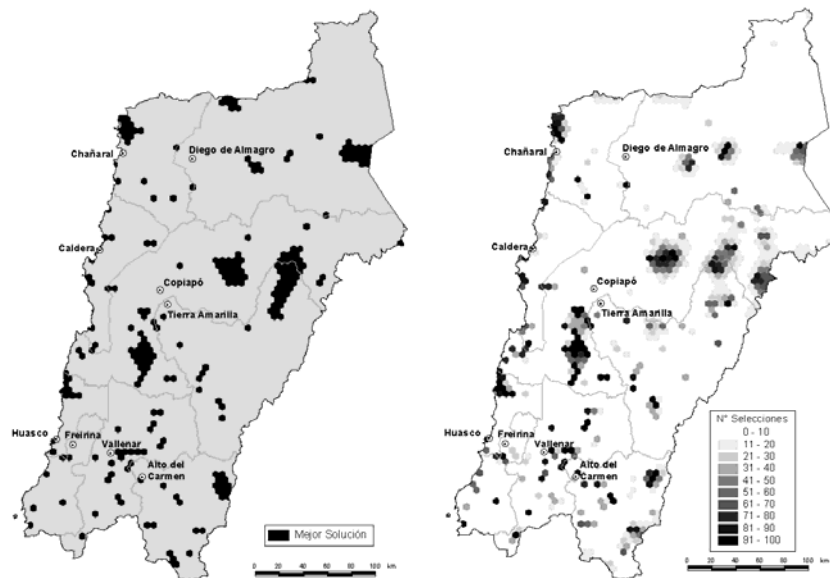
- 0) Caso 0 (sin Áreas Silvestres Protegidas)
  - a) SNASPE + AMCP + Auto designación BBNN + ASPP + Sitios Prioritarios CONAMA + corredor biológico PN Nevado de Tres Cruces sugeridos
  - b) Costo alto de uso del suelo y minería excluido
- 1) Caso 1 (SNASPE + AMCP):
  - a) SNASPE + AMCP obligados
  - b) Auto designación BBNN + ASPP + Sitios Prioritarios CONAMA + corredor biológico PN Nevado de Tres Cruces sugeridos
  - c) Costo alto de uso del suelo y minería excluido
- 2) Caso 2 (SNASPE + AMCP + BBNN):
  - a) SNASPE + AMCP + auto designación BBNN obligados
  - b) ASPP + Sitios Prioritarios CONAMA + corredor biológico PN Nevado de Tres Cruces sugeridos
  - c) Costo alto de uso del suelo y minería excluido
- 3) Caso 3 (SNASPE + AMCP + BBNN + ASPP):
  - a) SNASPE + AMCP + auto designación BBNN + ASPP obligados
  - b) Sitio Prioritarios CONAMA + corredor biológico PN Nevado de Tres Cruces sugeridos
  - c) Costo alto de uso del suelo y minería excluido
- 4) Caso 4 (SNASPE + AMCP + BBNN + CB3C):
  - a) SNASPE + AMCP + auto designación BBNN + corredor biológico PN Nevado de Tres Cruces (CB3C) obligados
  - b) ASPP + Sitio Prioritarios CONAMA sugeridos
  - c) Costo alto de uso del suelo y minería excluido
- 5) Caso 5 (cartas SNASPE + AMCP + BBNN + ASPP + CB3C):
  - a) SNASPE + AMCP + auto designación BBNN + ASPP + corredor biológico PN Nevado de Tres Cruces (CB3C) obligados
  - b) Sitio Prioritarios CONAMA sugeridos

c) Costo alto de uso del suelo y minería excluido

*Nivel de Agrupación.* Para regular el nivel de agrupación de los polígonos seleccionados en la solución se optó por utilizar un coeficiente de agrupación moderado (BLM= 0,4). Un BLM menor resultaba en una gran dispersión espacial de la solución en una menor superficie y con un menor costo de conservación. Por otro lado, un BLM mayor reduce el número de unidades pero aumenta la superficie total de la solución y por lo tanto el costo de conservación (datos no mostrados).

## RESULTADOS

Un escenario teórico analizado es que no existen Áreas Silvestre Protegidas en la Región de Atacama (Caso 0). Bajo esta condición, la superficie que logra la mejor solución es de 5.741 km<sup>2</sup> (7,6% de la superficie regional). En este territorio se logra cumplir con el 100% de la meta de conservación, y se registra presencia de 772 especies nativas (80,2% de la flora nativa regional). La mejor solución incluye gran parte del PN Pan de Azúcar, una parte de PN Llanos de Challe, AMCP Isla Grande de Atacama, auto-destinación BBNN-1 y quebrada El León y marginalmente PN Nevado Tres Cruces y RNP Huascoaltinos (Fig. 3). Una parte de estos hexágonos son seleccionados más del 95% de las simulaciones.



**Fig. 3.** Mejor solución (izquierda) y frecuencia de selección de las unidades de planificación (derecha) para el caso 0.

En los restantes 5 casos o condiciones de entrada, se obliga a una parte del territorio a ser parte de la solución. La decisión de entrada obligada en la solución de un hexágono específico no obedece a los criterios explícitos (objetivos de búsqueda), pero se justifica por otras razones. Entre estas se encuentran las históricas, como existencia previa de una unidad del SNASPE. Además se agregan la protección de otros recursos naturales no considerados en el objetivo y la voluntad política o decisión privada de destinar una parte del territorio a conservación. Todas estas razones pueden ser consideradas en el análisis mediante la incorporación obligada de una porción de territorio (ver

Capítulo 11). Por ejemplo, el caso 1 representa la actual condición de protección oficial de la biodiversidad vegetal (i.e., entran en forma obligada en la solución el SNASPE Regional incluyendo al AMCP Isla Grande de Atacama).

### Condiciones Basales de Protección de la Diversidad Vegetal

Un primer análisis está dirigido a determinar la condición basal de cada uno de los 5 casos analizados en que una parte del territorio entra en forma obligada en la solución. Es decir, se quiere determinar cuáles son las metas de conservación cumplidas si sólo se consideran los territorios obligados en cada solución. La Región de Atacama tiene 94 especies con problemas de conservación (categorías En Peligro y Vulnerable). En el actual SNASPE (incluyendo el AMCP), están presentes 48 de estas especies, sin embargo sólo el 31,9% logra cumplir su meta de superficie (Tabla 1). En el caso 2, al incorporar las auto-destinaciones de BBNN (Quebrada El León y Desierto Florido 1 y 2), se sube a 54 el número de especies con problemas de conservación presentes y el 35,1% cumple con su meta de superficie de protección. Al agregar la RNP Huascoaltinos (caso 3), el 73,4% de las 94 especies con problemas de conservación están incluidas y el 47,9% de las especies cumple sus metas de superficie. Si al caso 2 se agrega el corredor biológico propuesto por CONAF para el PN Nevado Tres Cruces (caso 4), no aumenta el número de especies con problemas de conservación presentes ni el número de especies que cumple con sus metas de superficie. En consecuencia, la resultante del caso 5 (todas las unidades incluidas en forma obligada) respecto al grado de protección de las especies En Peligro y Vulnerables es idéntica al caso 3.

**Tabla 1.** Resultado considerando la condición basal para los 5 casos analizados en que una parte del territorio entra en forma obligada en la solución. Se muestra el número de especies (n) de la meta, las especies presentes y ausentes en la mejor solución, y las especies que cumplen y no cumplen con la superficie del área de ocupación requerida.

Especies	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución 5	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Meta	94		94		94		94		94	
Presentes	48	51,1	54	57,4	69	73,4	54	57,4	69	73,4
Ausentes	46	48,9	40	42,6	25	26,6	40	42,6	25	26,6
Cumplen	30	31,9	33	35,1	45	47,9	33	35,1	45	47,9
No cumplen	64	68,1	61	64,9	49	52,1	61	64,9	49	52,1

También se encontraron diferencias respecto al cumplimiento de la meta de conservación de las formaciones vegetacionales de Gajardo. El objetivo de búsqueda correspondió al 10% de cada una de las formaciones relativo a la superficie de la formación en Chile (Tabla 2). En el caso 1 sólo dos de las once formaciones logran su meta de superficie. En el otro extremo, a pesar de superar en un 7% (i.e., 361 km<sup>2</sup>) la superficie de territorio total requerida en el objetivo de búsqueda, sólo 4 de 11 formaciones logran su meta de superficie y tres no están presentes en la condición basal. El caso 3 agrega al caso 2, una gran superficie de la formación "Estepa Alto-Andina de la Cordillera de Doña



**Tabla 2.** Superficie de cada formación vegetal de Gajardo en el objetivo de búsqueda y en la situación basal para los 5 casos analizados. En cada solución se muestra la superficie presente y el % del objetivo logrado.

Formación Vegetal	Objetivo	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución 5	
	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Desierto Interior de Tal-Tal	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desierto Estepario de las Sierras Costeras	177	24	14	24	14	24	14	24	14	24	14
Desierto Montano de la Cordillera de Domeyko	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desierto Estepario de El Salvador	608	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desierto Costero de Tal-Tal	281	407	145	490	174	490	174	490	174	490	174
Desierto Costero del Huasco	425	491	116	491	116	491	116	491	116	491	116
Desierto Florido de los Llanos	909	5	1	875	96	875	96	875	96	875	96
Desierto Costero de las Serranías	554	0	0	547	99	925	167	547	99	925	167
Estepa Desértica de los Salares Andinos	937	590	63	590	63	590	63	640	68	640	68
Desierto Alto-Andino del Ojos del Salado	508	34	7	34	7	34	7	309	61	309	61
Estepa Alto-Andina de la Cordillera de Doña Ana	657	0	0	0	0	1.897	289	0	0	1.897	289
<b>Total</b>	<b>5.291</b>	<b>1.552</b>		<b>3.052</b>		<b>5.327</b>		<b>3.377</b>		<b>5.652</b>	

Ana”, aumentando casi 2 veces lo requerido en la meta, y un 50% más de lo requerido de la formación “Desierto Costero de las Serranías”.

### **Análisis de Escenarios para la Protección de las Especies Amenazadas**

A continuación se muestran los resultados de los análisis de los escenarios que tienen como objetivos explícitos la conservación de una parte del área de ocupación de las especies de plantas con problemas de conservación (ver objetivos explícitos de búsqueda en la metodología).

Las mejores soluciones de los 6 casos analizados resuelven completamente las metas de conservación de las 94 especies de plantas con problemas de conservación y de las formaciones vegetales. Las diferencias se observan en el número total de especies de plantas presentes en cada una de las soluciones (Tabla 3), en la superficie necesaria para alcanzar la solución (Tabla 4) y en la configuración espacial de los territorios (comparar mapas).

El número de especies nativas de la flora regional presentes en la condición basal varía entre 411 (caso 1, actual SNASPE más el AMCP Isla Grande de Atacama) hasta 663 (caso 5, que incluye en forma obligada a todas las unidades). La mejor solución con menos especies nativas presentes es el caso 2 (766 especies, el 79,5% de la flora nativa regional) y la con mayor número de especies es el caso 5, con 814 especies (84,5%).

**Tabla 3.** Número de especies totales registradas en la condición basal (sólo en los territorios obligados en la solución) y en la mejor solución para cada uno de los 5 casos analizados.

	Solución 0		Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución 5	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Basal	-		411	42,7	490	50,9	659	68,4	501	52,0	663	68,8
Mejor solución	772	80,2	769	79,9	766	79,5	809	84,0	783	81,3	814	84,5

En términos de superficie, la condición basal del caso 1 representa el 2,1% de la Región, y se requiere alcanzar el 8,4% para cumplir con las metas de conservación (Tabla 4). El incluir los territorios de auto-destinación de BBNN (caso 2), se parte de un basal del 4,0% de la Región y se llega al 9,8% para cumplir con las metas de conservación. En el otro extremo, en el caso 5, se parte del 7,5% de la superficie regional y se requiere cerca del 12,2% para cumplir la meta. El caso 0 fue analizado previamente, pero claramente es la solución con menor superficie que logra cumplir con la meta de conservación propuesta.

### **Configuración Espacial del Portafolio de Conservación**

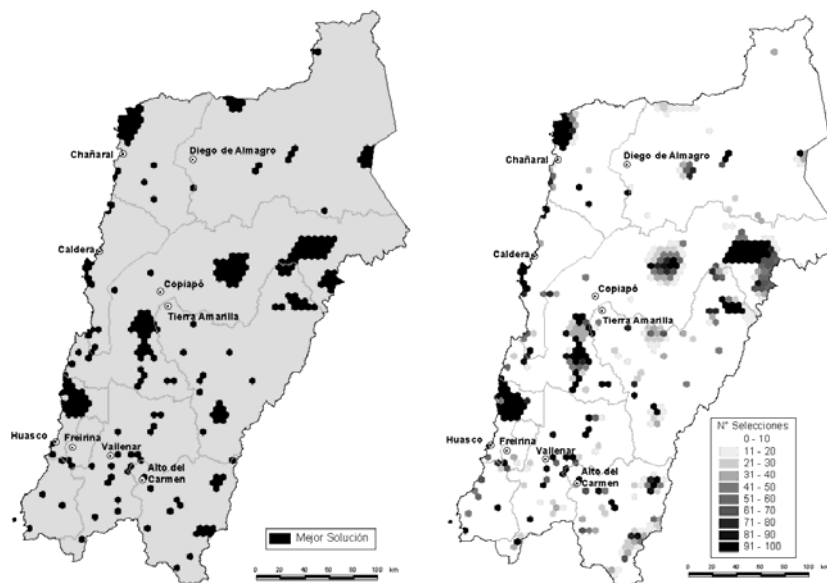
Los resultados antes descritos se muestran en forma gráfica en las siguientes cartas (Figs. 3 a 8). Para cada uno de los 6 casos se muestran en dos cartas: Mejor Solución (unidades de planificación seleccionadas en verde) y la estadística del número de veces que las unidades de planificación fueron seleccionadas en las 100 corridas realizadas (en tonos de gris). Como se espera, las unidades de planificación que entran en forma obligada en cada

**Tabla 4.** Superficie basal y de la mejor solución para los 5 casos analizados. Se muestra la superficie que incluye (en km<sup>2</sup>) y porcentaje respecto a la superficie regional.

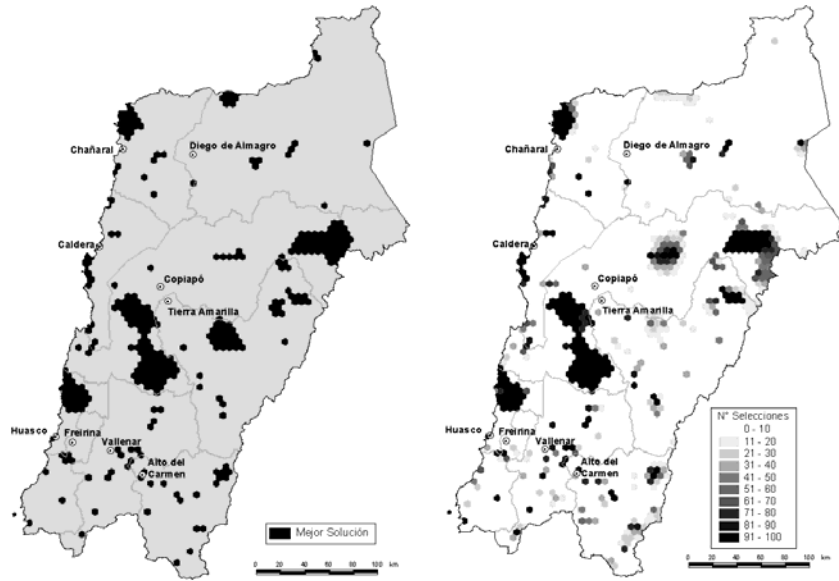
	Solución 0		Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución 5	
	N° sp	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Basal	-		1.553	2,1	3.053	4,0	5.328	7,0	3.378	4,5	5.653	7,5
Mejor solución	5.741	7,6	6.330	8,4	7.391	9,8	9.125	12,1	7.518	9,9	9.199	12,2

caso son siempre seleccionadas. Puesto que existen soluciones alternativas, algunas unidades de planificación son seleccionadas con menor frecuencia. Sin embargo, son de especial interés aquellas unidades de planificación que no siendo obligadas, están presentes en alta frecuencia en la solución (Tabla 5). De un total de 3.232 unidades de planificación (hexágonos de 25 km<sup>2</sup>), sólo entre el 1,1 y 1,5% de ellos son elegidos con una frecuencia mayor al 95% de las veces. En términos de superficie, esto representa entre 858 a 1.174 km<sup>2</sup>. En el caso 0, 5 de 64 de estos hexágonos (7,8%) corresponden al SNASPE, 8 de 60 (13,3%) a las auto-destinaciones de BBNN y 13 de 356 (3,7%) a los territorios de la Estrategia Regional de Biodiversidad de CONAMA.

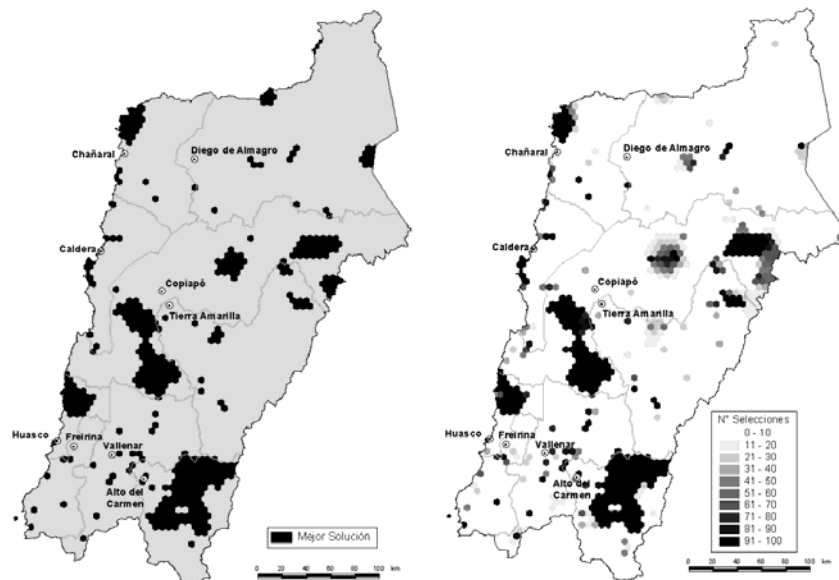
De los 44 hexágonos del caso 1 (Tabla 5), 8 entran obligados al incorporar las auto-destinaciones de BBNN y corresponden a una porción de los polígonos Desierto Florido 1 y 2. En el caso 3, se agregan otros 2 hexágonos que se ubican en la RNP Huascoaltinos. En los casos 4 y 5 no hay nuevos hexágonos que entren en forma obligada y correspondan a los de alta frecuencia de selección del caso 1.



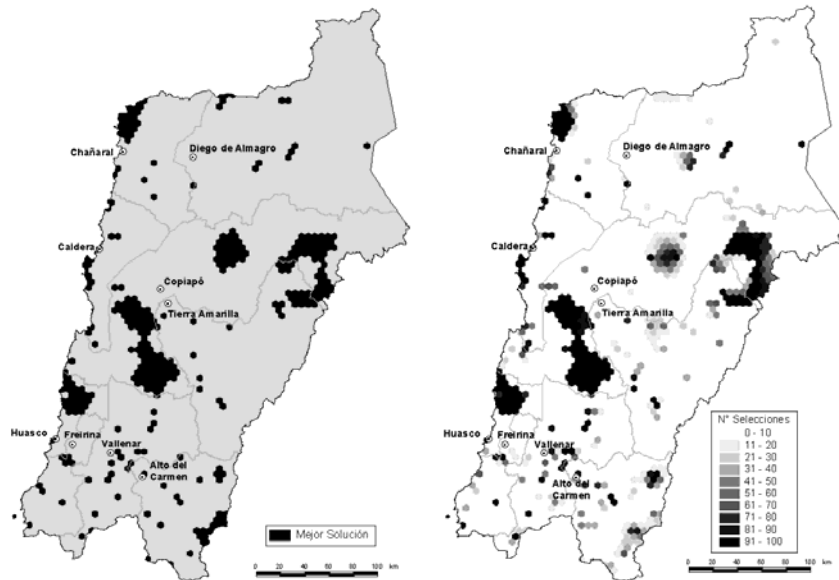
**Fig. 4.** Mejor solución (izquierda) y frecuencia de selección de las unidades de planificación (derecha) para el caso 1 (SNASPE + AMCP).



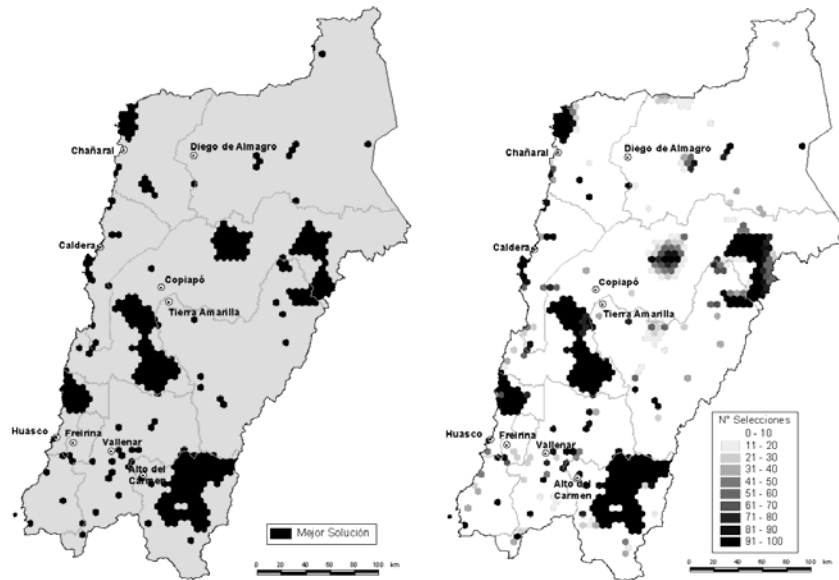
**Fig. 5.** Mejor solución (izquierda) y frecuencia de selección de las unidades de planificación (derecha) para el caso 2 (SNASPE + AMCP + BBNN).



**Fig. 6.** Mejor solución (izquierda) y frecuencia de selección de las unidades de planificación (derecha) para el caso 3 (SNASPE + AMCP + BBNN + ASPP).



**Fig. 7.** Mejor solución (izquierda) y frecuencia de selección de las unidades de planificación (derecha) para el caso 4 (SNASPE + AMCP + BBNN + CB3C).



**Fig. 8.** Mejor solución (izquierda) y frecuencia de selección de las unidades de planificación (derecha) para el caso 5 (SNASPE + AMCP + BBNN + ASPP + CB3C).

**Tabla 5.** Número de unidades de planificación (hexágonos) que no estando obligadas en la solución, son seleccionadas con una frecuencia mayor al 95% de las veces y la superficie que representan estos hexágonos en cada uno de los casos analizados y aquellos que son comunes a los 5 casos. Los valores en porcentaje corresponden al número total de hexágonos y a la superficie regional, respectivamente. Ver explicación en el texto.

	Unidades de planificación		Superficie	
	N°	%	km <sup>2</sup>	%
Caso 0	48	1,5	1.174	1,6
Caso 1	44	1,4	1.075	1,4
Caso 2	40	1,2	975	1,3
Caso 3	38	1,2	908	1,2
Caso 4	40	1,2	958	1,3
Caso 5	36	1,1	858	1,1
Comunes	29	1,0	750	1,0

Sólo 29 hexágonos seleccionados en alta frecuencia y que no entran en forma obligada son comunes a los 6 casos (Fig. 9). Veinte y siete de ellos son explicados por la presencia de especies de plantas con problemas de conservación y 2 por cercanía a otros hexágonos con alta frecuencia de selección. De los 27 hexágonos, 17 de ellos registran 3 o más especies con problemas de conservación. Destacan tres hexágonos en los alrededores de Carrizal Bajo, uno cercano a Huasco y otro al Sur de PN Pan de Azúcar, en la aguada de la Quebrada Peralillo. Estos tres sectores son localidades clásicas de colecta por lo que el número de especies con problema puede estar sobre representado. También destaca la Quebrada Algarrobal (noreste de Vallenar), con 2 especies En Peligro (EP) y 6 Vulnerables (VU), y la Laguna Chica al oeste de Conay con 2 EP y 4 VU. Otras localidades importantes son: la Hacienda Manflas (comuna de Tierra Amarilla), sector noroeste de La Bomba (comuna de Freirina), Quebrada Guamanga (suroeste de Chañaral), Río Pulido (comuna de Tierra Amarilla), Cuesta La Totora (sur de Freirina) y la Playa de Carrizalillo (comuna de Freirina, al extremo suroeste de la Región).

Respecto a las especies con problemas de conservación presentes en estos 27 hexágonos con alta frecuencia, dos de ellas están presentes en 7 hexágonos (*Balsamocarpon brevifolium* y *Pintoa chilensis*), y le siguen otras 6 especies presentes en 3 hexágonos (i.e., *Bridgesia incisifolia*, *Cyphocarpus psammophilus*, *Equisetum giganteum*, *Leontochir ovallei*, *Oxalis caesia* y *Prosopis chilensis*).

### Sitios Prioritarios

Para la selección final de sitios prioritarios para la conservación de las especies de plantas amenazadas se consideró como base la mejor solución del escenario 4, y se agregó la porción de la RNP Huascoaltinos que no formaba parte de la solución. El estatus de Reserva Natural Privada de esta unidad esta aún en estudio y sus límites y medidas de protección aún no han sido explicitadas (ver Capítulo 11). Se definieron un total de 28 sitios prioritarios, los que junto a las 4 unidades del SNASPE, el AMCP Isla Grande de Atacama y la RNP Huascoaltinos forman parte del portafolio de conservación propuesto para



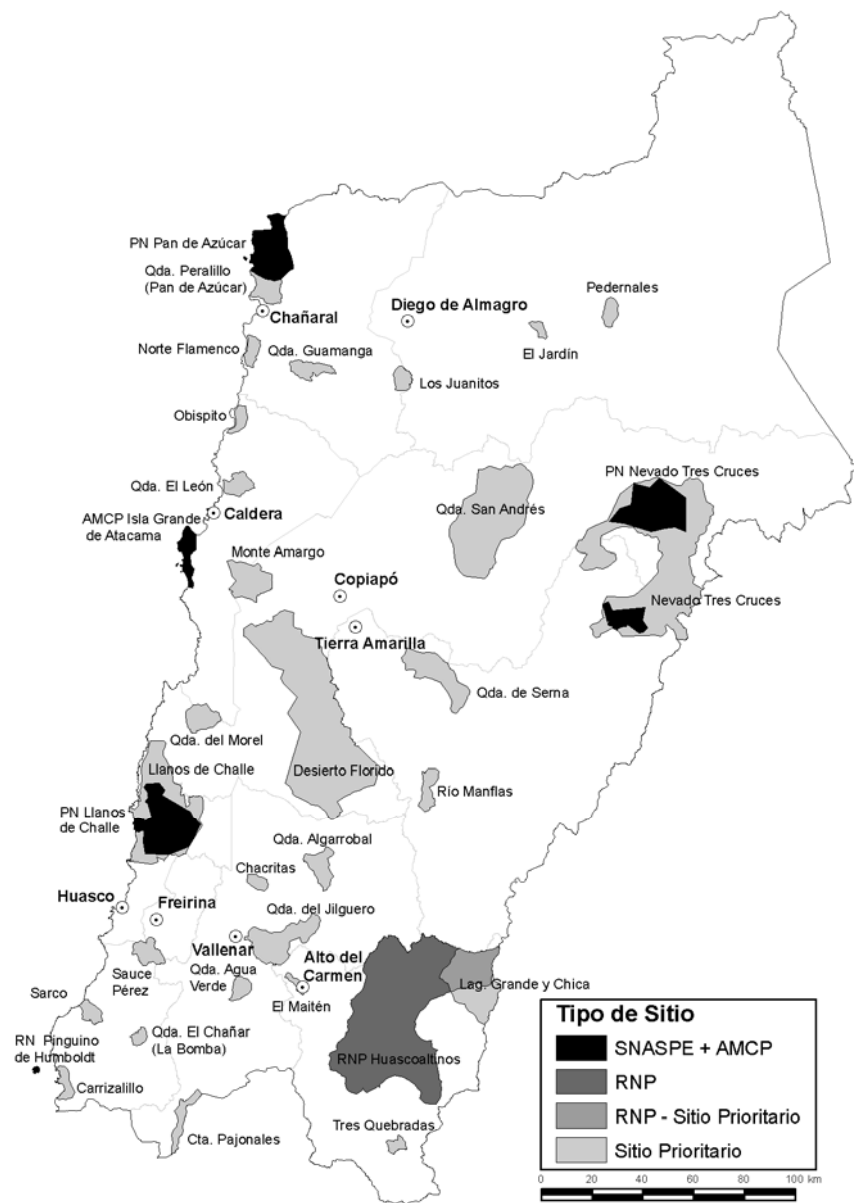
**Fig. 9.** Unidades de planificación (hexágonos negros) con alta frecuencia de selección (> 95%) y que son comunes a los 6 casos analizados.

la Región de Atacama (Fig. 10, Tabla 6). Este portafolio implica pasar del actual 1,8% de la superficie regional (SNASPE + AMCP) al 10,4% al agregar los sitios prioritarios; o al 13,0% si además se incluye completamente la RNP Huascoaltinos (Tabla 7).

Los 28 sitios prioritarios se reparten territorialmente en todas las comunas (Tabla 7). Los sitios prioritarios de la Provincia de Copiapó y Huasco representan cerca de un tercio de la respectiva superficie provincial, mientras que sólo un 5,4% de la provincia de Chañaral. Estas superficies son consistentes con la mayor diversidad en las dos provincias del sur de la región.

Tres de los sitios prioritarios representan una ampliación de los límites del actual SNASPE. Al PN Pan de Azúcar debe agregarse el sitio Quebrada Peralillo (98,5 km<sup>2</sup>), con lo que este Parque alcanzaría una superficie de 406,1 km<sup>2</sup> en la Región de Atacama. El PN Llanos de Challe debe ampliarse para llegar a una superficie de 853,7 km<sup>2</sup>. Por último, el PN Nevado de Tres Cruces debe pasar de dos unidades separadas que suman 526,8 km<sup>2</sup> a una gran unidad con una superficie final de 1.824,5 km<sup>2</sup>. El sitio prioritario con mayor superficie individual corresponden al Desierto Florido, el cual integra las dos auto-destinaciones de BBNN mencionadas en las secciones precedentes, pero se amplía para formar una unidad de 1.742,6 km<sup>2</sup>.

La propiedad de la tierra del 45,6% de la superficie de los 28 sitios prioritarios corresponde a terrenos fiscales (3.071,6 km<sup>2</sup>) y el 19,5% a terrenos privados (1.321,5 km<sup>2</sup>). No se dispone información de tenencia de la tierra del restante 35,2% de la superficie, pero una gran porción de ésta debería ser fiscal. El desafío para el Estado de Chile que plantea entregar protección de biodiversidad en terrenos privados se trata en el Capítulo de Estévez et al. En lo que respecta a los terrenos fiscales, un mínimo de 3.071,6 km<sup>2</sup> podrían ingresar en el corto plazo al SNASPE (u otra forma de protección estatal) de contarse con la voluntad política.



**Fig. 10.** Sitios prioritarios para la conservación de las especies de flora amenazada de la Región de Atacama.



**Tabla 6.** Listado de sitios prioritarios para la conservación de las especies de plantas amenazadas, incluyendo al SNASPE, AMCP y RNP. Se indica la superficie según tipo de propiedad de la tierra y el número de especies con problemas de conservación y nativas totales en cada sitio. Al final de la tabla se presenta el resumen por provincia y total para la región.

Tipo	Nombre Sitio	Fiscal		Particular		Sin Información		Total km <sup>2</sup>	N° Especies		
		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%		km <sup>2</sup>	EP	VU
AMCP	AMCP Isla Grande de Atacama	96,3	99,9	0,0	0,1	0,0	0,0	96,3	1	9	121
SP	Carrizalillo	0,0	0,0	53,7	100,0	0,0	0,0	53,7	1	4	52
SP	Chacritas	11,1	29,5	26,5	70,5	0,0	0,0	37,6	1	1	16
SP	Cuesta Pajonales	0,0	0,0	0,0	0,0	78,9	100,0	78,9	1	5	49
SP	Desierto Florido	1.529,0	87,7	115,6	6,6	98,0	5,6	1.742,6	3	7	241
SP	El Jardín	0,0	0,0	0,0	0,0	25,6	100,0	25,6	0	2	13
SP	El Maitén	0,0	0,0	0,1	0,4	23,7	99,6	23,8	1	4	23
SP	Laguna Grande y Chica	0,0	0,0	444,8	99,7	1,4	0,3	446,2	2	6	142
SP	Llanos de Challe	184,5	45,4	221,6	54,6	0,0	0,0	406,1	2	14	155
SP	Los Juanitos	0,0	0,0	0,0	0,0	54,3	100,0	54,3	1	0	7
SP	Monte Amargo	124,0	64,4	0,0	0,0	68,6	35,6	192,6	1	4	75
SP	Nevado Tres Cruces	452,2	34,8	0,0	0,0	845,5	65,2	1.297,7	1	1	90
SP	Norte de Flamenco	51,6	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,6	3	0	21
SP	Obispito	45,3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3	2	2	52
SP	Pedernales	50,8	95,8	0,0	0,0	2,2	4,2	53,0	1	0	35
SNASPE	PN Llanos de Challes	447,6	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	447,6	2	14	206
SNASPE	PN Nevado Tres Cruces	526,8	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	526,8	1	0	48
SNASPE	PN Pan de Azúcar	307,6	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	307,6	7	18	192
SP	Qda. Agua Verde	0,0	0,0	0,0	0,0	55,6	100,0	55,6	2	1	40
SP	Qda. Algarrobal	5,4	5,3	97,9	94,7	0,0	0,0	103,3	2	6	56

Tipo	Nombre Sitio	Fiscal		Particular		Sin Información		Total km <sup>2</sup>	N° Especies		
		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%		km <sup>2</sup>	EP	VU
SP	Qda. de Serna	96,6	38,1	0,0	0,0	157,0	61,9	253,7	2	6	66
SP	Qda. del Jilguero	233,5	86,2	0,2	0,1	37,3	13,8	270,9	3	10	115
SP	Qda. del Morel	0,0	0,0	110,0	100,0	0,0	0,0	110,0	2	2	66
SP	Qda. El Chañar (La Bomba)	0,0	0,0	28,0	95,2	1,4	4,8	29,4	2	2	28
SP	Qda. El León	77,2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,2	0	4	63
SP	Qda. Guamanga	4,2	5,0	0,0	0,0	79,9	95,0	84,2	1	2	14
SP	Qda. Peralillo (Pan de Azúcar)	98,2	99,7	0,3	0,3	0,0	0,0	98,5	6	9	96
SP	Qda. San Andrés	107,9	11,7	0,0	0,0	814,1	88,3	922,0	2	3	129
SP	Río Manflas	0,0	0,0	49,9	62,3	30,2	37,7	80,1	1	4	63
SNASPE	RN Pingüino Humboldt	5,1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	0	1	22
ASPP	RNP Huascoaltinos	0,0	0,0	1.940,9	100,0	0,1	0,0	1.941,0	3	12	244
SP	Sarco	0,0	0,0	54,8	100,0	0,0	0,0	54,8	2	4	54
SP	Sauce Pérez	0,0	0,0	85,6	100,0	0,0	0,0	85,6	3	5	56
SP	Tres Quebradas	0,0	0,0	32,5	100,0	0,0	0,0	32,5	1	3	60
Total en Provincia de Chañaral		512,4	75,9	0,3	0,0	162,1	24,0	674,7	10	20	251
Total en Provincia de Copiapó		3.055,4	56,0	390,9	7,2	2.013,4	36,9	5.459,8	10	30	503
Total en Provincia de Huasco		887,2	22,4	2.871,2	72,6	198,3	5,0	3.956,7	12	45	570
Total sólo en Sitios Prioritarios		3.071,6	45,4	1.321,5	19,5	2.373,7	35,1	6.766,8	25	57	680
Total en Región de Atacama		4.455,0	44,1	3.262,4	32,3	2.373,8	23,5	10.091,2	25	65	963

**Tabla 7.** Superficie de los distintos tipos de sitios para la conservación de las especies de plantas amenazadas en la región de Atacama, según división político administrativa (comuna y provincia). La última columna corresponde a la superficie total de la respectiva comuna o provincia.

	SNASPE+AMCP		ASPP		Sitios Prioritarios		Total Sitios		Superficie Total km <sup>2</sup>
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	
Comuna de Chañaral	307,6	5,3	0,0	0,0	288,5	5,0	596,1	10,3	5.761,1
Com. Diego de Almagro	0,0	0,0	0,0	0,0	78,6	0,4	78,6	0,4	18.989,5
Provincia de Chañaral	307,6	1,2	0,0	0,0	367,1	1,5	674,7	2,7	24.750,5
Comuna de Caldera	96,3	2,6	0,0	0,0	245,4	6,7	341,7	9,3	3.676,5
Comuna de Copiapó	405,2	2,3	0,0	0,0	3.879,7	21,8	4.284,9	24,1	17.766,1
Com. Tierra Amarilla	121,7	1,1	0,0	0,0	711,5	6,3	833,2	7,4	11.259,9
Provincia de Copiapó	623,2	1,9	0,0	0,0	4.836,6	14,8	5.459,8	16,7	32.702,5
Com. Alto del Carmen	0,0	0,0	1.941,0	31,5	257,0	4,2	2.197,9	35,6	6.167,8
Comuna de Freirina	5,1	0,2	0,0	0,0	212,5	6,6	217,6	6,7	3.227,6
Comuna de Huasco	447,6	28,0	0,0	0,0	299,0	18,7	746,6	46,7	1.599,6
Comuna de Vallenar	0,0	0,0	0,0	0,0	535,3	7,4	535,3	7,4	7.230,0
Provincia de Huasco	452,6	2,5	1.941,0	10,7	1.303,9	7,2	3.697,5	20,3	18.225,0
Región de Atacama	1.383,4	1,8	1.941,0	2,6	6.507,6	8,6	9.832,0	13,0	75.678,1

De las 26 especies En Peligro (EP), sólo *Equisetum giganteum* no está en la solución propuesta. Esta especie crece en el borde de cursos de agua y está sujeta a alteraciones producto de la canalización de ríos y esteros. Para que esta especie salga del presente estado de conservación se requieren medidas de manejo dirigidas a reducir el actual impacto. En los Sitios Prioritarios propuestos están presentes las restantes 25 especies EP. Once de ellas están además presentes en el actual SNASPE + AMCP y sólo 3 en la RNP Huascoaltinos (excluyendo la porción que fue definida Sitio Prioritario). De las 68 especies clasificadas como Vulnerable (VU), 65 forman parte de la solución propuesta. Las restantes 3 especies son *Echinopsis coquimbana*, *Euphorbia thinophila* y *Salix humboldtiana*. Los registros de *E. coquimbana* la ubican en el área de influencia del proyecto Agrosuper, sin embargo es probable que se encuentre también en el Sitio Prioritario Sauce Pérez. En el caso de *E. thinophila*, sus registros están desde Huasco al norte, por la costa. Aunque no se ha registrado en el PN Llanos de Challe, es posible que esté presente en la zona costera del Sitio Prioritario Llanos de Challe. Por último, los registros de *S. humboldtiana* la ubican en los márgenes de los ríos Huasco y Copiapó. Estas zonas están sometidas a permanentes alteraciones producto de los trabajos de canalizaciones y actividad agrícola, y no es posible definir un Sitio Prioritario específico (ver Capítulo 17). Al igual que lo indicado para *Equisetum giganteum*, para esta especie se necesita implementar medidas de protección específicas.

El cociente entre el número de especies con problemas de conservación y el logaritmo de la superficie, una forma de expresar la densidad de especies, permite comparar sitios con distinta superficie. Los sitios con mayor densidad de especies con problemas son el PN Pan de Azúcar, Quebrada Peralillo (Pan de Azúcar), Llanos de Challe, PN Llanos de Challes, Quebrada del Jilguero, AMCP Isla Grande de Atacama, RNP Huascoaltinos, Sauce Pérez y Quebrada Algarrobal (Tabla 6).

En conclusión, la solución propuesta protege al 96% de las especies con problemas de conservación de la Región de Atacama. Adicionalmente, contiene al 82,5% del total de especies nativas que habitan la Región de Atacama, independiente de su categoría de conservación. Esta solución es mucho más completa que la propuesta para la Región de Coquimbo (Squeo et al. 2001). Los 14 sitios incluidos en la solución de esa región (equivalente a poco más del 4% de la superficie regional), contenían el 81% de las especies con problemas de conservación y a cerca del 65% de la flora nativa regional. En el libro rojo de la Región de O'Higgins (Serey et al. 2007), la propuesta integrada de sitios prioritarios representan alrededor del 50% de la superficie regional, pero no informan cuantas especies de plantas con problemas de conservación están representadas en la solución.

#### **Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE)**

Para entregar más sustento a la selección de sitios prioritarios se realizó un análisis de parsimonia de endemismos (PAE). Este método agrupa áreas o localidades, optimizando la concordancia entre los patrones de distribución de muchos taxones diferentes, utilizando para ello los taxones compartidos entre áreas de acuerdo con la solución más parsimoniosa (Morrone 1994, Posadas 1996). En otras palabras, este método permite buscar áreas que contengan especies endémicas, pero que a la vez maximicen la representatividad de las otras especies contenidas en un área de mayor extensión (Posadas & Miranda-

Esquivel 1999). Para este análisis, la región fue dividida en 82 áreas de igual superficie. Siguiendo a Morrone (2004), la matriz resultante de áreas x especies fue codificada como presencia o ausencia de las especies en las diferentes áreas. Se consideró la distribución de 980 especies nativas. La matriz de áreas x especies fue analizada con los programas NONA 2.0 (Goloboff 1997) y WinClada (Nixon 2000). La estrategia de búsqueda de los cladogramas más parsimoniosos se realizó mediante exploraciones heurísticas con permutación de ramas tipo TBR y reconexión múltiple (Múltiple TBR + TBR), permitiéndole al programa retener un máximo de 10.000 árboles, con 100 réplicas de secuencia de adición al azar y 100 árboles iniciales en cada repetición (árboles de Wagner). Se eliminaron 199 especies del análisis, pues no aportaban con información (congruencia de distribución) para el análisis. Para optimizar los cladogramas resultantes se utilizó la opción ACTRAN de WinClada, que en el caso de existir más de una alternativa igualmente posible para determinar la secuencia de transformación en los caracteres (en este caso la presencia de las especies), favorece los cambios en las ramas basales del cladograma. Las homoplasias fueron interpretadas como reversiones, que en un contexto biogeográfico equivaldrían a eventos de extinción. Se prefirió esta interpretación debido a que las explicaciones alternativas de la homoplasia (e.g., convergencia y paralelismo), corresponderían a eventos de dispersión.

En todos los análisis se obtuvo el cladograma de consenso estricto, que fue utilizado para evaluar las áreas agrupadas y las posibles zonas de interés para la conservación. Las áreas propuestas corresponden a aquellas que aparecen en los clados terminales soportados por al menos la distribución concordante de a lo menos dos especies (sinapomórficas). El análisis entregó un total de 60 árboles de máxima parsimonia de los 10.000 permitidos en el análisis, cuyos estadísticos son: largo (L): 4004, índice de consistencia (CI): 0,19 e índice de retención (RI): 0,44. En términos generales, el análisis agrupa las áreas en 4 grandes zonas, todas ellas conectadas a una gran politomía basal.

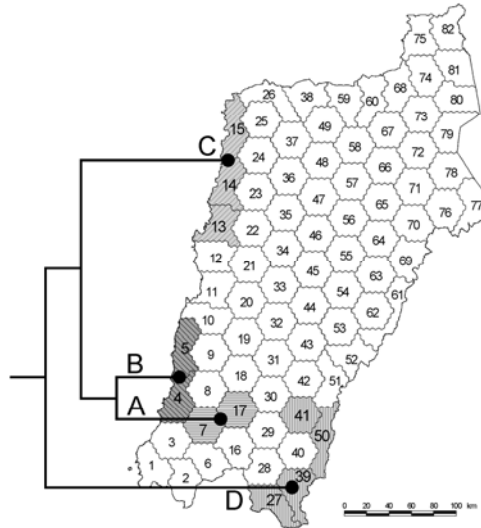
Se encontró 4 clados que se encuentran soportados por a lo menos dos sinapomorfias (especies endémicas únicas en su distribución dentro del área) y que según su definición pueden ser considerados como áreas de endemismos (Fig. 11). Estas zonas de endemismo son consistentes con las áreas prioritarias (Fig. 10).

El clado A está conformado por las áreas 7 y 17, ambas contiguas y ubicadas en la zona centro sur de la región. Este clado coincide con los sitios prioritarios quebradas del Jilgero y Agua Verde (comparar Figs. 10 y 11)

El clado B, conformado por las áreas 4 y 5 ubicados en la zona costera sur. Esta zona, además de incluir al PN Llanos de Challe, coincide con la necesidad de expansión de Llanos de Challe e incluye el sitio Sauce Pérez.

Otra área de endemismo es el clado C, soportado por las áreas contiguas 13, 14 y 15 y ubicadas en la zona costera norte de la región. Dentro de esta zona hay coincidencia con el PN Pan de Azúcar y las áreas prioritarias Quebrada Peralillo, Norte de Flamenco, Obispito, Quebrada El León y la AMCP Isla Grande de Atacama.

Finalmente, el clado D se ubicada en la zona cordillerana sur de la región (áreas 41, 50, 39 y 27). Aquí coincide con parte de la RNP Huascoaltinos y las áreas prioritarias de Laguna Grande y Chica y Tres Quebradas. Dentro de esta última zona, las áreas 39 y 50 serían las que estarían optimizando la presencia de endemismos y la representatividad de especies del clado.



**Fig. 11.** Resumen del árbol de consenso del análisis de parsimonia de endemismos (PAE) para la flora de la Región de Atacama.

En conclusión, el portafolio de conservación propuesto para la protección de las especies amenazadas, es consistente con el análisis de parsimonia de endemismo (PAE). Adicionalmente, Letelier et al. (Capítulo 7) demostró que los “hotspots” de nichos potenciales de las especies endémicas de la Región de Atacama eran coherentes con los sitios prioritarios propuestos.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a todas las instituciones y personas que hicieron posible la realización de este proyecto. Esta investigación fue financiada por el Gobierno Regional de Atacama (Proyecto FNDR código BIP 30057872-0), bajo la responsabilidad de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) asociada con el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). También se recibió financiamiento del Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Proyecto ICM P05-002. L. Letelier y R.A. Estévez agradecen las becas de magister del proyecto ICM P05-002.

## REFERENCIAS

ARROYO MTK, R ROZZI, JA SIMONETTI, P MARQUET & M SALABERRY (1999) Central Chile. En: (RA Mittermeier, N Myers, P Robles Gil & C Goettsch-Mittermeier, eds) Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecosystems: 161-171. Cemex, Conservation International.

- BENOIT I (1996) Representatividad Ecológica del Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado. En: (M Muñoz, H Núñez & J Yáñez, eds) Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile: 149-159. Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura de Chile.
- CAVIERES LA, MTK ARROYO, P POSADAS, C MARTICORENA, O MATTHEI, R RODRÍGUEZ, FA SQUEO & G ARANCIO (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemism in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. *Biodiversity and Conservation* 11: 1.303-1.311.
- COCKS, KD & IA BAIRD (1989). Using mathematical programming to address the multiple reserve selection problem: an example from the Eyre Peninsula, South Australia. *Biological Conservation* 49: 113-30.
- CONAF (1999) Castastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Primera a Cuarta Región. CONAF - CONAMA, Santiago. 235 pp.
- CONAMA (2002) Agenda Ambiental 2002-2006. Comisión Nacional de Medio Ambiente. Santiago, Chile.
- COWLING RM, PW RUNDEL, BB LAMONT, MTK ARROYO & M ARIANOUTSOU (1996) Plant diversity in mediterranean-climate regions. *TREE* 11: 362-366.
- CSUTI, B, S POLASKY, PH WILLIAMS, RL PRESSEY, JD CAMM, M KERSHAW, AR KIESTER, B DOWNS, R HAMILTON, M HUSO & K SAHR (1997) A comparison of reserve selection algorithms using data on terrestrial vertebrates in Oregon. *Biological Conservation* 80: 83-97.
- FAITH DP & PA WALKER (1996) Environmental diversity: on the best-possible use of surrogate data for assessing the relative biodiversity of sets of areas. *Biodiversity and Conservation* 5: 399-415.
- GAJARDO R (1994) La Vegetación Natural de Chile: Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 165 pp.
- GOLOBOFF P (1997) NONA version 2.0 Published by the author.
- LAGOS V, JM TORRES & C NOTON (2001) Conservación de la Diversidad Biológica: El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) como Herramienta de Gestión para la Región de Coquimbo. En: (FA Squeo, G Arancio & JR Gutiérrez, eds) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo: 205-224. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- MARGULES CR, AO NICHOLLS & RL PRESSEY (1988) Selecting Networks of reserves to maximize biological diversity. *Biological Conservation* 43: 63-76.
- MITTERMEIER RA, PR GIL, M HOFFMANN, J PILGRIM, T BROOKS, CG MITTERMEIER, J LAMOREUX & GAB DA FONSECA (2004) Hotspots Revisited: Earth's Biologically Wealthiest and most Threatened Ecosystems. CEMEX, México D.F.
- MORRONE JJ (1994) On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology* 43:438-441.
- MORRONE JJ (2004) Homología biogeográfica: Las coordenadas espaciales de la vida. Cuadernos del Instituto de Biología 37, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
- NIXON KC (2000) Winclada. Published by the author.
- NOSS RF (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.

- OTA (US Congress, Office of Technological Assessment) (1987) Technologies to maintain biological diversity. OTA-F-300. US Government Printing Office, Washington DC.
- POSADAS P (1996) Distributional patterns of vascular plants in Tierra del Fuego: a study applying parsimony analysis of endemism. *Biogeographica* 72: 161-177.
- POSADAS P & DR MIRANDA-ESQUIVEL (1999) El PAE (parsimony analysis of endemism) como una herramienta en la evaluación de la biodiversidad. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 539-546.
- PRESSEY RL, CJ HUMPHRIES, CR MARGULES, RI VANE-WRIGHT & PH WILLIAMS (1993). Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 124-128.
- PRESSEY RL, HP POSSINGHAM, VS LOGAN, JR DAY & PH WILLIAMS (1999) Effects of data characteristics on the results of reserve selection algorithms. *Journal of Biogeography* 26: 179-191.
- PURVIS A & A HECTOR (2000) Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405: 212-219.
- SEREY I, M RICCI & C SMITH-RAMIREZ (2007) Libro Rojo de la Región de O'Higgins. Corporación Nacional Forestal y Universidad de Chile. 266 pp.
- SCHOUTIS D (2002) SPOT: The Spatial Portfolio Optimization Tool. The Nature Conservancy. 22 pp.
- SQUEO FA, LA CAVIERES, G ARANCIO, JE NOVOA, O MATTHEI, C MARTICORENA, R RODRÍGUEZ, MTK ARROYO, M. MUÑOZ (1998) Biodiversidad de la Flora Vascular en la Región de Antofagasta, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 571-591.
- SQUEO FA, G ARANCIO & JR GUTIÉRREZ (2001) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. xiii + 371 pp.
- SQUEO FA (2003) Clasificación revisada de los ecosistemas terrestres del país y sus prioridades de conservación. Informe Final. Departamento de Biología, Universidad de La Serena. [www.biouls.cl/ecosistemas/](http://www.biouls.cl/ecosistemas/)
- UNDERHILL LG (1994) Optimal and suboptimal reserve selection algorithms. *Biological Conservation* 70: 85-87.



**Anexo 1.** Presencia registrada (1) o no registrada (0) de las especies con problemas de conservación en los tres tipos de sitios destinados a conservación de biodiversidad, y dentro y fuera de la solución propuesta. En el caso de la RNP Huascoaltinos, se excluyó la porción que fue definida Sitio Prioritario.

Especie	Tipo de Sitio			Dentro	Fuera
	SNASPE + AMCP	RNP	Sitio Prioritario		
<b>EN PELIGRO</b>					
<i>Acantholippia trifida</i>	0	0	1	1	1
<i>Atriplex vallenarensis</i>	0	0	1	1	1
<i>Bridgesia incisifolia</i>	0	0	1	1	1
<i>Cristaria ovata</i>	0	0	1	1	1
<i>Cyphocarpus psammophilus</i>	0	0	1	1	1
<i>Deuterocohnia chrysantha</i>	1	0	1	1	1
<i>Equisetum giganteum</i>	0	0	0	0	1
<i>Eriosyce rodentiophila</i>	1	0	1	1	1
<i>Gentianella coquimbensis</i>	0	0	1	1	1
<i>Gutierrezia taltalensis</i>	1	0	1	1	0
<i>Heliotropium inconspicuum</i>	1	0	1	1	1
<i>Heliotropium philippianum</i>	1	0	1	1	1
<i>Leontochir ovallei</i>	1	0	1	1	1
<i>Maihue niopsis domeykoensis</i>	0	0	1	1	0
<i>Menonvillea minima</i>	0	0	1	1	1
<i>Oxalis caesia</i>	0	0	1	1	1
<i>Oxyphyllum ulicinum</i>	1	0	1	1	0
<i>Pintoa chilensis</i>	0	1	1	1	1
<i>Prosopis chilensis</i>	1	1	1	1	1
<i>Prosopis flexuosa</i>	0	0	1	1	1
<i>Puya boliviensis</i>	1	0	1	1	1
<i>Senecio chrysolepis</i>	0	0	1	1	1
<i>Senecio eriophyton</i>	1	0	1	1	1
<i>Valeriana senecioides</i>	1	0	1	1	1
<i>Vasconcellea chilensis</i>	0	0	1	1	1
<i>Weberbaueria lagunae</i>	0	1	1	1	1
<b>Total En Peligro (EP)</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>23</b>
<b>VULNERABLE</b>					
<i>Adesmia glutinosa</i>	0	0	1	1	1
<i>Adesmia godoyae</i>	0	0	1	1	1
<i>Adesmia littoralis</i>	1	0	1	1	1
<i>Adesmia sessiliflora</i>	1	0	1	1	1
<i>Adiantum chilense</i>	1	0	1	1	1
<i>Alstroemeria crispata</i>	0	0	1	1	1
<i>Alstroemeria graminea</i>	1	0	1	1	1
<i>Alstroemeria leporina</i>	0	0	1	1	1
<i>Alstroemeria polyphylla</i>	0	1	1	1	1
<i>Alstroemeria werdermannii</i>	1	0	1	1	1

Especie	Tipo de Sitio			Dentro	Fuera
	SNASPE + AMCP	RNP	Sitio Prioritario		
<i>Anisomeria littoralis</i>	1	0	1	1	1
<i>Balsamocarpum brevifolium</i>	1	0	1	1	1
<i>Buddleja suaveolens</i>	0	1	1	1	1
<i>Calceolaria collina</i>	0	0	1	1	1
<i>Calceolaria lepida</i>	0	1	0	1	1
<i>Carex atropicta</i>	0	0	1	1	1
<i>Chaetanthera acheno-hirsuta</i>	0	0	1	1	1
<i>Chenopodium papulosum</i>	0	0	1	1	1
<i>Chorizanthe frankenioides</i>	1	0	1	1	1
<i>Cistanthe cephalophora</i>	1	0	1	1	1
<i>Copiapoa cinerascens</i>	1	0	1	1	1
<i>Copiapoa cinerea</i>	1	0	1	1	1
<i>Copiapoa dealbata</i>	1	0	1	1	1
<i>Copiapoa megarhiza</i>	0	0	1	1	1
<i>Cortaderia rudiusscula</i>	0	0	1	1	1
<i>Cristaria calderana</i>	0	0	1	1	1
<i>Cryptantha calycina</i>	0	0	1	1	1
<i>Cryptantha marticorenae</i>	1	0	1	1	1
<i>Discaria trinervis</i>	0	1	1	1	1
<i>Echinopsis coquimbana</i>	0	0	0	0	1
<i>Erechtites leptanthus</i>	1	0	0	1	1
<i>Eremocharis fruticosa</i>	1	0	1	1	1
<i>Eriogyne aurata</i>	0	1	1	1	1
<i>Eriogyne confinis</i>	0	0	1	1	1
<i>Eriogyne crispa</i>	0	0	1	1	1
<i>Eriogyne eriosyzoides</i>	1	1	1	1	1
<i>Eriogyne taltalensis</i>	1	0	1	1	1
<i>Eriogyne villosa</i>	1	0	1	1	1
<i>Eryngium macracanthum</i>	1	0	1	1	1
<i>Euphorbia thinophila</i>	0	0	0	0	1
<i>Geoffroea decorticans</i>	1	0	1	1	1
<i>Habenaria paucifolia</i>	0	1	0	1	1
<i>Haplopappus deserticola</i>	1	0	1	1	1
<i>Heliotropium filifolium</i>	1	0	1	1	1
<i>Heliotropium glutinosum</i>	0	0	1	1	1
<i>Heliotropium longistylum</i>	1	0	0	1	1
<i>Hypochaeris grandidentata</i>	1	0	1	1	1
<i>Junellia selaginoides</i>	0	1	0	1	1
<i>Kurzamra pulchella</i>	0	1	1	1	1
<i>Lepidium angustissimum</i>	1	0	0	1	1
<i>Leucheria cumingii</i>	1	0	1	1	1
<i>Lippia turbinata</i>	0	0	1	1	1
<i>Maihueiopsis glomerata</i>	0	1	1	1	1
<i>Mirabilis ovata</i>	0	1	1	1	1
<i>Nolana glauca</i>	1	0	1	1	1

Especie	Tipo de Sitio			Dentro	Fuera
	SNASPE + AMCP	RNP	Sitio Prioritario		
<i>Pachylaena atriplicifolia</i>	0	0	1	1	1
<i>Quinchamalium carnosum</i>	1	0	1	1	1
<i>Salix humboldtiana</i>	0	0	0	0	1
<i>Senecio almeidae</i>	1	0	1	1	1
<i>Senecio microtis</i>	0	1	1	1	1
<i>Senecio segethii</i>	0	0	1	1	1
<i>Solanum brachyantherum</i>	1	0	1	1	1
<i>Spergularia denticulata</i>	1	0	1	1	1
<i>Spergularia pycnantha</i>	1	0	1	1	1
<i>Suaeda multiflora</i>	1	0	1	1	1
<i>Tillandsia geissei</i>	1	0	0	1	1
<i>Typha angustifolia</i>	1	0	0	1	0
<i>Valeriana fragilis</i>	1	0	1	1	1
Total Vulnerable (VU)	36	12	57	65	67
Total EP + VU	47	15	82	90	90