

Capítulo 4

Estado de Conservación de la Flora Nativa de la Región de Atacama

FRANCISCO A. SQUEO, GINA ARANCIO, LUIS LETELIER,
ALICIA MARTICORENA, MÉLICA MUÑOZ-SCHICK,
PEDRO LEÓN-LOBOS & MARY T.K. ARROYO

RESUMEN

La Región de Atacama tiene 980 especies de plantas vasculares nativas, de las cuales el 9,6% se encuentra en las categorías En Peligro (EP) o Vulnerable (VU). Este porcentaje de especies con problemas de conservación aumenta a cerca del 27% si se incluye a las especies Insuficientemente Conocidas de las subcategoría potencialmente Extintas (IC(EX?)), En Peligro (IC(EP?)) o Vulnerable (IC(VU?)). El 54% de las especies nativas tienen sus límites sur o norte de distribución en la región. Un 12,3% de especies con límite sur en la región está en categoría EP o VU (12,3%), mientras que un 10,2% de especies con su límite norte en la región están en estas categorías. Las formas de vida árbol (38,5%) y cactáceas (31,1%) tienen una alta proporción de sus especies con problemas de conservación. De las 77 especies endémicas de la Región de Atacama, un cuarto tiene problemas de conservación. Un 37,6% de las cactáceas y un 34,8% de los arbustos endémicos de la Región de Atacama tienen problemas de conservación. Las comunas de Chañaral (11,1%), Freirina (9,3%) y Caldera (9,1%) poseen un mayor porcentaje de su flora con problemas de conservación. La proporción de especies con problemas de conservación disminuye desde la provincia de Huasco (9,0%) por el sur hasta la provincia de Chañaral (7,9%), por el norte.

Palabras Clave: Flora amenazada, En Peligro, Vulnerable, Atacama, Chile.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del estado de conservación de una flora regional es, sin duda, una herramienta importante para implementar medidas de protección. La publicación en el año 2001 del primer libro rojo regional (Squeo et al. 2001) ha facilitado la gestión de los recursos florísticos en la Región de Coquimbo. El conocimiento de la flora nativa de la Región de Atacama se remonta al inicio de la colonización española. Ya en el siglo XIX, el Estado de Chile financió varias expediciones botánicas, destacando las de Rodolfo Amando Philippi y su hijo Federico Philippi (ver Capítulo 20). En 1973, Carlos Muñoz publica su libro "Chile: plantas en extinción", donde describen cinco especies de la Región de Atacama que tienen problemas de conservación. Entre éstas, a la garra de león (*Leontochir ovallei*), el palo gordo (*Vasconcellea chilensis*), el algarrobo (*Prosopis chilensis*) y la algarrobilla (*Balsamocarpon brevifolium*). Dieciséis

años después se publica el libro rojo de la flora nativa de Chile (Benoit 1989), el cual incluye a sólo 19 especies con problemas de conservación. Este número conocido antes del presente estudio es muy inferior al 14% de la flora en la Región de Coquimbo (Squeo et al. 2001) y al 22,9% en la Región de O'Higgins (Serey et al. 2007).

En la actualidad esta operando el Reglamento para la Clasificación de Especies (DS 75 de 2005, Ministerio Secretaria General de la Presidencia), que establece las disposiciones que rigen el procedimiento para la clasificación de especies de flora y fauna silvestres en las distintas categorías de conservación a que alude el artículo 37 de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

El objetivo del presente capítulo es realizar un análisis del estado de conservación de la flora de la Región de Atacama. La descripción de las especies con problemas de conservación y el catálogo completo de la flora regional se encuentra en los siguientes capítulos.

METODOLOGÍA

Bases de datos

Se confeccionó un catálogo de la flora de la Región de Atacama con información de su origen, forma de vida y distribución en Chile (ver Capítulo 6). Este catálogo o listado de especies fue revisado exhaustivamente por los especialistas y está respaldado con muestras de herbario. Por otro lado, se construyó una base de datos de colectas que contiene los registros de colectas de los herbarios del Museo Nacional de Historia Natural (SGO), las universidades de Concepción (CONC), La Serena (ULS) y Talca (UTALCA), la del Banco de Semillas de INIA-Intihuasi y los publicados en monografías, informes técnicos y estudios de línea de base. También se incorporó la información recopilada de 4.037 especies registradas en las campañas de terreno dirigidas a las áreas menos colectadas (ver Capítulo 7) y otra obtenida de las bases de datos del Catastro de Vegetación de CONAF (1999). Antes de ingresar a la base de datos principal, cada fuente de información fue contrastada con el catálogo de especies y la otra información disponible. Se corrigieron los problemas de sinonimia y se eliminaron los registros con determinaciones claramente erróneas. Junto con la información de presencia de cada especie, se incorporó información de su abundancia, estructura poblacional, distribución local y factores de riesgo. La base final utilizada contiene 32.302 registros georeferenciados de especies válidas, la que se maneja con una plataforma de ArcView 3.2.

Establecimiento del Estado de Conservación

Para establecer el estado de conservación se utilizó la metodología de Squeo et al. (2001) y que es compatible con el Reglamento para la Clasificación de Especies (DS 75 de 2005, Ministerio Secretaria General de la Presidencia).

Entre los criterios para la clasificación de las especies señalados en el Artículo 11 del Reglamento están:

- a) Presencia, rango de distribución y densidades, y tendencias de estas variables;
- b) Cantidad y calidad del hábitat, incluyendo su fragmentación y la tendencia de estas variables;

- c) Número y tamaño de las poblaciones conocidas;
- d) Las amenazas para su conservación, presentes y esperadas;
- e) Presencia y situación de la especie en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas; y
- f) Cantidad y calidad técnica de las prospecciones realizadas.

En el Artículo 12 del Reglamento, se indica "El procedimiento de clasificación de especies empleará, en la medida de lo posible, los criterios definidos por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) vigentes al momento de la clasificación...". La versión vigente de la UICN es la 3.1 (UICN 2001). Se utilizaron además los criterios definidos por el Comité para la Clasificación de Especies según su Estado de Conservación, que bajo la coordinación de la CONAMA, ha comenzado la clasificación a nivel nacional.

Las categorías utilizadas en este trabajo son:

Extinta (EX): Una especie se considera Extinta cuando prospecciones exhaustivas en sus hábitats conocidos y/o esperados, efectuadas en las oportunidades apropiadas y en su área de distribución histórica, no hayan detectado algún individuo en estado silvestre en la Región. Equivale a las categorías UICN (2001) Extinto (EX) y Extinto en estado silvestre (EW).

En Peligro (EP): Una especie se considerará En Peligro de Extinción cuando enfrente un riesgo muy alto de extinción en la Región. Incluye las categorías UICN (2001) En Peligro Crítico (CR) y En Peligro (EN). En términos cuantitativos, un análisis de viabilidad poblacional debería mostrar que la probabilidad de extinción en estado silvestre es de por lo menos 20% dentro de 20 años o cinco generaciones, cualquiera que sea el período mayor (hasta un máximo de 100 años).

Vulnerable (VU): Una especie se considerará Vulnerable cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría En Peligro, enfrente un riesgo alto de extinción en la Región. Equivale a la categoría IUCN (2001) Vulnerable (VU). El análisis cuantitativo debería mostrar que la probabilidad de extinción en estado silvestre es de por lo menos 10% dentro de 100 años.

Fuera de Peligro (FP): Una especie se considerará como Fuera de Peligro cuando exista evidencia de que no experimentará riesgo de extinción en un futuro cercano en la Región. Incluye las categorías UICN (2001) Casi Amenazado (NT) y Preocupación Menor (LC).

Insuficientemente Conocida (IC): Una especie se clasifica como Insuficientemente Conocida en la Región si no existe información suficiente que permita clasificarla en alguna de las tres categorías anteriores. Equivale a la categoría IUCN (2001) Datos Insuficientes (DD). Cuando se disponía de información complementaria, se utilizó una de las siguientes subcategorías (ver anexo 2 y Squeo et al. 2001):

- Insuficientemente Conocida potencialmente Extinta, IC(EX?)
- Insuficientemente Conocida potencialmente En Peligro, IC(EP?)
- Insuficientemente Conocida potencialmente Vulnerable, IC(VU?)
- Insuficientemente Conocida potencialmente Fuera de Peligro, IC(FP?)

No Evaluada (NE): Una especie se clasificó como No Evaluada cuando no fue sometida al proceso de evaluación por falta de información. Equivale a la categoría IUCN (2001) con el mismo nombre y sigla.

Puesto que no existen antecedentes suficientes para realizar un análisis de viabilidad poblacional para ninguna de las especies de plantas de la Región de

Atacama, para estimar el riesgo de extinción se utilizó una serie de indicadores que describen la abundancia de la especie, su distribución y representación en las distintas formaciones vegetales, su estructura poblacional, los impactos directos sobre la especie y sobre su hábitat.

Los parámetros utilizados para estimar el riesgo de extinción en la región para cada especie pueden ser agrupados en:

1. Un primer grupo que incluye a los parámetros que indican abundancia, área de ocupación y representación espacial de la especie. Entre éstos se encuentra:

- a. El número total de colectas de la especie registradas en la base de datos.
- b. El número de colectas de la especie en los últimos 50 años (desde 1958). Debido al incremento en el esfuerzo de muestreo de los pasados 50 años, la falta de colecta de una especie sería un estimador de una potencial extinción.
- c. El número de hexágonos grandes (925 km²) en que hay registros de la especie. Para estimar este parámetro, la región fue dividida en 82 áreas de aproximadamente 925 km² (ver Capítulo 7).
- d. Número de hexágonos chicos (25 km²) en que hay registros de la especie, esto es equivalente a sitios de colecta. Estos hexágonos resultaron de la subdivisión de los hexágonos de 925 km².
- e. El número de formaciones vegetales de Gajardo (1994) en que la especie está presente.
- f. El área de ocupación de la especie calculada como la superficie total que rodea a todos los puntos de colecta, con un buffer de 5 km de radio,
- g. La extensión de la presencia, calculada según IUCN (2001), como un polígono convexo mínimo (el polígono de menor superficie que contenga todos los lugares de presencia, pero que ninguno de sus ángulos internos exceda los 180 grados)
- h. La cobertura relativa de la especie obtenida del muestreo de la vegetación en terreno.
- i. La distribución de la especie, expresada como la proporción del área de ocupación de la especie, en que ella tiene distribución regular, al azar y agrupada.

2. El segundo grupo de parámetros se relacionan con procesos de disminución poblacional producto de impactos específicos sobre la especie o destrucción de hábitat, y son expresados en términos de la proporción del área de ocupación de la especie. Entre estos se encuentra:

- a. Un descriptor de la estructura de las clases de tamaño (edad) presentes en la población, que incluye las situaciones en que están presentes todas las clases de tamaño (evidencia de regeneración actual), cuando sólo se encuentran individuos adultos (faltan las clases de tamaño menores) y cuando sólo hay individuos adultos aislados.
- b. El Impacto sobre la vegetación, que corresponde a una medida de la destrucción de hábitat. Este parámetro se calculó como el valor máximo de los indicadores de destrucción de hábitat (i.e., pastoreo, agricultura, industria, caminos, ciudades, extracción de leña/fabricación de carbón).
- c. El impacto antrópico que recibe la especie.

- d. El costo de conservación, calculado según recomendaciones de The Nature Conservancy (TNC), basado en la presencia de caminos, centros poblados, centros mineros y uso del suelo (ver Capítulos 8 y 9).
3. Un tercer grupo de parámetros se relaciona con características propias de las especies, como son:
- a. Endemismo. Para las especies que se distribuyen exclusivamente en la Región de Atacama y/o alcanzan las regiones vecinas (Antofagasta y/o Coquimbo) se consideraron criterios más restrictivos.
 - b. Forma de Vida. Este parámetro representa una medida de la longevidad y comportamiento de las especies. Las formas de vida consideradas incluyen: árboles, fanerófitas, sufrútices, cactáceas, hierbas perennes y, hierbas bianuales y anuales. Si bien las cactáceas no son una forma de vida formal, si no que una familia dentro de las Angiospermas, ellas representan un grupo de plantas suculentas con características funcionales únicas.

En el anexo 2 se presenta una descripción detallada de la metodología utilizada, incluyendo los criterios operacionales y los valores individuales que toman cada uno de los parámetros utilizados para cada una de las especies analizadas.

RESULTADOS

Estado de Conservación de la Flora Regional

La flora vascular de la Región de Atacama comprende 1.099 especies, de las cuales 980 son nativas y 119 adventicias (introducidas naturalizadas). Del total de especies nativas, el 56,2% fue clasificada en una de las categorías de estado de conservación de En Peligro (EP, 26 especies), Vulnerable (VU, 68 especies) o Fuera de Peligro (FP, 457); mientras que el 41,9% quedó en la categoría Insuficientemente Conocida (IC, 411 especies) y el 1,8% no fueron evaluadas (NE, 18 especies) por carecer de mayor información (Tabla 1).

Las especies en las categorías En Peligro (EP) o Vulnerable (VU) representan el 9,6% de la flora vascular regional. Sin embargo, este porcentaje de especies con problemas de conservación aumenta a cerca del 27% si se considera la especies Insuficientemente Conocidas de las subcategoría potencialmente Extintas (IC(EX?)), En Peligro (IC(EP?)) o Vulnerable (IC(VU?)).

La flora de la Región de Atacama posee un 54,3% de endemismo a Chile. De las 532 especies endémicas de Chile presentes en la Región de Atacama, el 13,7% presenta problemas de conservación (i.e., EP + VU). Veintiún de ellas se encuentran En Peligro y 52 Vulnerables. El 37,3% de la flora nativa regional es endémica a la Región de Atacama y regiones vecinas (regiones de Antofagasta y Coquimbo). Al considerar estas 366 especies, el 17,5% presenta problemas de conservación (i.e., EP= 19 especies y VU= 45 especies).

Tabla 1. Categorías de estado de conservación de la flora nativa de la Región de Atacama según la distribución geográfica. Ver código de categorías en el texto.

| Categorías | Total Nativa | | Endémicas de | | | | | |
|------------|--------------|------|--------------|------|-----------|------|------------|------|
| | | | Chile | | II-III-IV | | III Región | |
| | n | % | n | % | n | % | n | % |
| EP | 26 | 2,7 | 21 | 3,9 | 19 | 5,2 | 6 | 7,8 |
| VU | 68 | 6,9 | 52 | 9,8 | 45 | 12,3 | 14 | 18,2 |
| FP | 457 | 46,6 | 234 | 44,0 | 156 | 42,6 | 18 | 23,4 |
| Subtotal | 551 | 56,2 | 307 | 57,7 | 220 | 60,1 | 38 | 49,4 |
| IC | 64 | 6,5 | 27 | 5,1 | 12 | 3,3 | 2 | 2,6 |
| IC(EX?) | 119 | 12,1 | 69 | 13,0 | 43 | 11,7 | 17 | 22,1 |
| IC(EP?) | 6 | 0,6 | 3 | 0,6 | 2 | 0,5 | 0 | 0,0 |
| IC(VU?) | 45 | 4,6 | 30 | 5,6 | 18 | 4,9 | 5 | 6,5 |
| IC(FP?) | 177 | 18,1 | 91 | 17,1 | 68 | 18,6 | 14 | 18,2 |
| Subtotal | 411 | 41,9 | 220 | 41,4 | 142 | 39,1 | 38 | 49,4 |
| NE | 18 | 1,8 | 5 | 0,9 | 3 | 0,8 | 1 | 1,3 |
| Total | 980 | 100 | 532 | 100 | 366 | 100 | 77 | 100 |

El endemismo regional alcanza al 7,9% de la flora nativa. De estas 77 especies, el 26% presenta problemas de conservación (i.e., 6 fueron clasificadas como En Peligro y 14 como Vulnerable). Entre las 38 especies Insuficientemente Conocidas endémicas de la Región de Atacama, 17 especies no han sido colectadas en los últimos 50 años, por lo que se clasificaron como potencialmente extintas. Esta categoría permite focalizar los objetivos de búsqueda para las futuras expediciones botánicas.

La Región de Atacama como Límite Latitudinal de Distribución

La región de Atacama es el límite latitudinal de distribución para cerca del 54% de la flora nativa. Este valor sube al 61% cuando se considera sólo a la flora endémica de Chile. En ambos casos, casi el doble de especies tiene su límite norte de distribución de la Región de Atacama comparado con el límite sur (Tabla 2). Este patrón sugiere que en la Región de Atacama existe una barrera biogeográfica para la distribución de las plantas, el cual es más importante para las especies que habitan las regiones al sur de Atacama.

Considerando la flora nativa que tiene su límite en la Región de Atacama, una mayor proporción tiene problemas de conservación (EP + VU) cuando su límite es Sur en comparación con Norte (12,3% versus 10,2%, respectivamente). Esta diferencia se acentúa cuando se toma en cuenta sólo a las especies endémicas de Chile (i.e., 18,6% versus 11,7%). Dentro de las especies endémicas de Chile, 15 especies EP y 31 especies VU tienen su límite en esta región, y 18 EP y 40 VU si se consideran las especies nativas totales. Aunque estas especies están presentes en otras regiones del país, las poblaciones en el margen de su rango de distribución pueden presentar novedades evolutivas y adaptaciones que son importantes de tomar en cuenta al momento de diseñar una estrategia regional de conservación de la biodiversidad (Squeo et al. 2001, Arroyo 2002).

Tabla 2. Número de especies nativas y endémicas de Chile que tienen su límite norte o sur en la Región de Atacama.

| Categorías | Total Nativa | | | | Endémicas de Chile | | | |
|------------|--------------|------|--------------|------|--------------------|------|--------------|------|
| | Límite Sur | | Límite Norte | | Límite Sur | | Límite Norte | |
| | n | % | n | % | n | % | n | % |
| EP | 10 | 5,6 | 8 | 2,3 | 9 | 8,0 | 6 | 2,8 |
| VU | 12 | 6,7 | 28 | 7,9 | 12 | 10,6 | 19 | 8,9 |
| FP | 57 | 31,7 | 146 | 41,4 | 38 | 33,6 | 90 | 42,1 |
| Subtotal | 79 | 43,9 | 182 | 51,6 | 59 | 52,2 | 115 | 53,7 |
| IC | 11 | 6,1 | 32 | 9,1 | 4 | 3,5 | 17 | 7,9 |
| IC(EX?) | 32 | 17,8 | 35 | 9,9 | 20 | 17,7 | 24 | 11,2 |
| IC(EP?) | 0 | 0,0 | 4 | 1,1 | 0 | 0,0 | 2 | 0,9 |
| IC(VU?) | 8 | 4,4 | 22 | 6,2 | 4 | 3,5 | 18 | 8,4 |
| IC(FP?) | 48 | 26,7 | 73 | 20,7 | 26 | 23,0 | 37 | 17,3 |
| Subtotal | 99 | 55,0 | 166 | 47,0 | 54 | 47,8 | 98 | 45,8 |
| NE | 2 | 1,1 | 5 | 1,4 | 0 | 0,0 | 1 | 0,5 |
| Total | 180 | 100 | 353 | 100 | 113 | 100 | 214 | 100 |

Del total de 26 especies nativas clasificadas En Peligro en este estudio, 18 tienen su límite de distribución en la región. A estas se le agregan otras 6 que son endémicas de la Región de Atacama (i.e., su distribución no excede de la región), lo que representa a 24 de las 26 especies En Peligro (92% de las especies EP).

En el caso de las 68 especies nativas Vulnerables, 40 especies tienen su límite en la Región y otras 14 son endémicas de Atacama, representando el 79,4% de las especies VU (i.e., 54 de 68 especies).

Estado de Conservación por Forma de Vida

El análisis por forma de vida consideró 5 categorías: 1) árboles, 2) arbustos (que reúne a las fanerófitas, sufrútices y suculentas parcialmente lignificadas), 3) cactáceas, 4) hierbas perennes y 5) hierbas anuales y bianuales. Si bien las cactáceas no es una forma de vida formal, ellas representan un grupo de plantas suculentas con características funcionales únicas, que difieren claramente de las otras formas de vida consideradas.

Dentro de la flora nativa de la Región de Atacama, las formas de vida árbol (38,5%) y cactáceas (31,1%) tiene una mayor proporción de sus especies con problemas de conservación (EP+VU) en comparación a las restantes formas de vida (Tabla 3). Entre las nativas EP + VU hay 5 especies arbóreas, 32 especies arbustivas, 14 cactáceas, 31 especies herbáceas perennes y 12 especies anuales.

Si se considera a la flora endémica de Chile presente en la Región de Atacama (Tabla 4), la forma de vida con mayor proporción de sus especies en las categorías EP + VU son las cactáceas (32,5%). Le siguen en importancia los arbustos (14,1%), hierbas perennes (13,0%) y anuales (8,4%). No hay árboles endémicos de Chile con problemas de conservación. El carbonillo (*Cordia decandra*), considerado en este estudio dentro de la forma de vida arbórea, es clasificado como fuera de peligro.

Tabla 3. Categorías de estado de conservación en la flora nativa de la Región de Atacama según forma de vida. HP= hierba perenne, HA= hierba anual / bianual.

| | Árbol | | Arbusto | | Cactácea | | HP | | HA | |
|----------|-------|------|---------|------|----------|------|-----|------|-----|------|
| | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| EP | 2 | 15,4 | 11 | 3,8 | 2 | 4,4 | 9 | 2,3 | 2 | 0,9 |
| VU | 3 | 23,1 | 21 | 7,2 | 12 | 26,7 | 22 | 5,6 | 10 | 4,3 |
| FP | 5 | 38,5 | 152 | 52,1 | 11 | 24,4 | 173 | 43,7 | 116 | 49,6 |
| Subtotal | 10 | 76,9 | 184 | 63,0 | 25 | 55,6 | 204 | 51,5 | 128 | 54,7 |
| IC | 1 | 7,7 | 15 | 5,1 | 4 | 8,9 | 29 | 7,3 | 15 | 6,4 |
| IC(EX?) | 1 | 7,7 | 24 | 8,2 | 0 | 0,0 | 64 | 16,2 | 30 | 12,8 |
| IC(EP?) | 0 | 0,0 | 1 | 0,3 | 0 | 0,0 | 4 | 1,0 | 1 | 0,4 |
| IC(VU?) | 0 | 0,0 | 16 | 5,5 | 3 | 6,7 | 16 | 4,0 | 10 | 4,3 |
| IC(FP?) | 1 | 7,7 | 51 | 17,5 | 12 | 26,7 | 71 | 17,9 | 42 | 17,9 |
| Subtotal | 3 | 23,1 | 107 | 36,6 | 19 | 42,2 | 184 | 46,5 | 98 | 41,9 |
| NE | 0 | 0,0 | 1 | 0,3 | 1 | 2,2 | 8 | 2,0 | 8 | 3,4 |
| Total | 13 | 100 | 292 | 100 | 45 | 100 | 396 | 100 | 234 | 100 |

Tabla 4. Categorías de estado de conservación en la flora endémica de Chile presente en la Región de Atacama según forma de vida. HP= hierba perenne, HA= hierba anual / bianual.

| | Árbol | | Arbusto | | Cactácea | | HP | | HA | |
|----------|-------|------|---------|------|----------|------|-----|------|-----|------|
| | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| EP | 0 | 0,0 | 9 | 4,4 | 2 | 5,0 | 8 | 5,2 | 2 | 1,5 |
| VU | 0 | 0,0 | 20 | 9,7 | 11 | 27,5 | 12 | 7,8 | 9 | 6,9 |
| FP | 1 | 50,0 | 107 | 51,9 | 10 | 25,0 | 51 | 33,1 | 65 | 50,0 |
| Subtotal | 1 | 50,0 | 136 | 66,0 | 23 | 57,5 | 71 | 46,1 | 76 | 58,5 |
| IC | 1 | 50,0 | 8 | 3,9 | 2 | 5,0 | 10 | 6,5 | 6 | 4,6 |
| IC(EX?) | 0 | 0,0 | 15 | 7,3 | 0 | 0,0 | 35 | 22,7 | 19 | 14,6 |
| IC(EP?) | 0 | 0,0 | 1 | 0,5 | 0 | 0,0 | 1 | 0,6 | 1 | 0,8 |
| IC(VU?) | 0 | 0,0 | 12 | 5,8 | 3 | 7,5 | 9 | 5,8 | 6 | 4,6 |
| IC(FP?) | 0 | 0,0 | 33 | 16,0 | 11 | 27,5 | 26 | 16,9 | 21 | 16,2 |
| Subtotal | 1 | 50,0 | 69 | 33,5 | 16 | 40,0 | 81 | 52,6 | 53 | 40,8 |
| NE | 0 | 0,0 | 1 | 0,5 | 1 | 2,5 | 2 | 1,3 | 1 | 0,8 |
| Total | 2 | 100 | 206 | 100 | 40 | 100 | 154 | 100 | 130 | 100 |

Al considerar las especies endémicas de las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo presente en Atacama (Tabla 5), las cactáceas son la forma de vida con mayor proporción de especies con problemas de conservación (32,4%), seguida por arbustos (16,7%), hierbas perennes (17,8%) y anuales (12,3%). Si se considera sólo a las 77 especies endémicas de la Región de Atacama (tabla 6), 20 de ellas tienen problemas de conservación. Las cactáceas mantienen el primer lugar (37,6%) seguidas por arbustos (34,8%), hierbas perennes (19,0%) y anuales (11,8%). El listado de especies

endémicas de la Región de Atacama con problemas de conservación se muestra en la Tabla 7.

Tabla 5. Categorías de estado de conservación en la flora endémica de las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo que están presentes en la Región de Atacama según forma de vida. HP= hierba perenne, HA= hierba anual / bianual.

| | Árbol | | Arbusto | | Cactácea | | HP | | HA | |
|----------|-------|-----|---------|------|----------|------|-----|------|----|------|
| | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| EP | 0 | 0 | 7 | 5,1 | 2 | 5,4 | 8 | 7,9 | 2 | 2,2 |
| VU | 0 | 0 | 16 | 11,6 | 10 | 27,0 | 10 | 9,9 | 9 | 10,1 |
| FP | 1 | 100 | 73 | 52,9 | 10 | 27,0 | 33 | 32,7 | 39 | 43,8 |
| Subtotal | 1 | 100 | 96 | 69,6 | 22 | 59,5 | 51 | 50,5 | 50 | 56,2 |
| IC | 0 | 0 | 3 | 2,2 | 2 | 5,4 | 4 | 4,0 | 3 | 3,4 |
| IC(EX?) | 0 | 0 | 6 | 4,3 | 0 | 0,0 | 23 | 22,8 | 14 | 15,7 |
| IC(EP?) | 0 | 0 | 1 | 0,7 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 1 | 1,1 |
| IC(VU?) | 0 | 0 | 8 | 5,8 | 3 | 8,1 | 4 | 4,0 | 3 | 3,4 |
| IC(FP?) | 0 | 0 | 23 | 16,7 | 9 | 24,3 | 18 | 17,8 | 18 | 20,2 |
| Subtotal | 0 | 0 | 41 | 29,7 | 14 | 37,8 | 49 | 48,5 | 39 | 43,8 |
| NE | 0 | 0 | 1 | 0,7 | 1 | 2,7 | 1 | 1,0 | 0 | 0,0 |
| Total | 1 | 100 | 138 | 100 | 37 | 100 | 101 | 100 | 89 | 100 |

Estado de Conservación a Nivel Provincial y Comunal

La provincia de Huasco tiene una flora nativa compuesta por 737 especies, le siguen en importancia las provincias de Copiapó (669 especies) y Chañaral (467 especies) (Tabla 8). Las tres comunas con mayor número de especies de plantas nativas corresponden a Copiapó (536 especies), Vallenar (384 especies) y Alto del Carmen (378 especies); mientras que Diego de Almagro es la con menor número de especies (248 especies) (Tabla 9).

En promedio, se clasificó en las categoría de conservación EP + VU + FP al 68,5% de las especies nativas a nivel provincial y al 75,8% al nivel comunal (Tabla 8 y 9). La Provincia de Huasco presenta una mayor proporción de sus especies con problemas de conservación (9,0%) en comparación a las provincias de Chañaral (8,0%) y Copiapó (8,1%). A nivel comunal, Chañaral es la comuna con mayor proporción de su flora en categorías EP + VU (11,1%), seguida de Freirina (9,3%) y Caldera (9,1%). En el otro extremo, Diego de Almagro sólo tiene el 3,6% de su flora con problemas de conservación (Tabla 9).

Cambio de Categoría de Conservación

El primer libro rojo de la flora nativa nacional (Benoit 1989, Espinoza et al. 1994), indica la existencia de 16 especies con problemas de conservación para la Región de Atacama (Tabla 10). Para dos de las especies informadas no hay registro de su presencia en la Región de Atacama (i.e., *Azorella compacta* y *Monttea chilensis*). La especie que más se parece a *Azorella compacta* por su forma de crecimiento es *A. madreporica*, la que fue clasificada como Fuera de Peligro. Las restantes 14 especies cambiaron su categoría de conservación y 5

Tabla 6. Categorías de estado de conservación en la flora endémica de la Región de Atacama según forma de vida. HP= hierba perenne, HA= hierba anual / bianual.

| | Arbusto | | Cactácea | | HP | | HA | |
|----------|---------|------|----------|------|----|------|----|------|
| | n | % | n | % | n | % | n | % |
| EP | 2 | 8,7 | 1 | 6,3 | 2 | 9,5 | 1 | 5,9 |
| VU | 6 | 26,1 | 5 | 31,3 | 2 | 9,5 | 1 | 5,9 |
| FP | 7 | 30,4 | 5 | 31,3 | 3 | 14,3 | 3 | 17,6 |
| Subtotal | 15 | 65,2 | 11 | 68,8 | 7 | 33,3 | 5 | 29,4 |
| IC | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 2 | 9,5 | 0 | 0,0 |
| IC(EX?) | 1 | 4,3 | 0 | 0,0 | 10 | 47,6 | 6 | 35,3 |
| IC(VU?) | 2 | 8,7 | 1 | 6,3 | 0 | 0,0 | 2 | 11,8 |
| IC(FP?) | 5 | 21,7 | 3 | 18,8 | 2 | 9,5 | 4 | 23,5 |
| Subtotal | 8 | 34,8 | 4 | 25,0 | 14 | 66,7 | 12 | 70,6 |
| NE | 0 | 0,0 | 1 | 6,3 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Total | 23 | 100 | 16 | 100 | 21 | 100 | 17 | 100 |

Tabla 7. Listado de especies endémicas de la Región de Atacama que presentan problemas de conservación. EC Estado de Conservación (EC): EP = En Peligro, VU = Vulnerable. Forma de Vida (FV): F = Fanerófita (arbusto), K= Cactácea, H= Hierba Perenne, A = Hierba Anual.

| EC | FV | Nombre Científico |
|----|----|---|
| VU | F | <i>Adesmia godoyae</i> (Phil. ex Reiche) Martic. |
| VU | F | <i>Adesmia sessiliflora</i> Phil. |
| VU | H | <i>Alstroemeria polyphylla</i> Phil. |
| VU | K | <i>Copiapoa dealbata</i> F.Ritter |
| VU | K | <i>Copiapoa megarhiza</i> Britton et Rose |
| VU | AH | <i>Cristaria calderana</i> M.Muñoz |
| VU | K | <i>Eriogyne confinis</i> (F.Ritter) Katt. |
| VU | K | <i>Eriogyne crista</i> (F.Ritter) Don. et Rowl. |
| VU | K | <i>Eriogyne eriosyzoides</i> (F.Ritter) Ferryman |
| VU | A | <i>Eryngium macracanthum</i> Phil. |
| VU | F | <i>Heliotropium filifolium</i> (Miers) I.M.Johnst. |
| VU | F | <i>Heliotropium glutinosum</i> Phil. |
| EP | H | <i>Leontochir ovallei</i> Phil. |
| EP | K | <i>Maihueiopsis domeykoensis</i> Ritter |
| EP | A | <i>Menonvillea minima</i> Rollins |
| EP | F | <i>Pintoa chilensis</i> Gay |
| VU | F | <i>Senecio microtis</i> Phil. |
| VU | F | <i>Suaeda multiflora</i> Phil. |
| EP | F | <i>Valeriana senecioides</i> Phil. |
| EP | H | <i>Weberbaueria lagunae</i> (O.E.Schulz) Al-Shehbaz |

Tabla 8. Número de especies nativas por provincia según categorías de estado de conservación para la Región de Atacama.

| Provincia | EP | | VU | | FP | | Subtotal | | IC | | IC(EX?) | | IC(EP?) | | IC(VU?) | | IC(FP?) | | Subtotal | | Total |
|-----------|----|-----|----|-----|-----|------|----------|------|----|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|------|----------|------|-------|
| | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n |
| Chañaral | 12 | 2,6 | 25 | 5,4 | 287 | 61,5 | 324 | 69,4 | 13 | 2,8 | 37 | 7,9 | 0 | 0,0 | 9 | 1,9 | 84 | 18,0 | 143 | 30,6 | 467 |
| Copiapó | 12 | 1,8 | 42 | 6,3 | 422 | 63,1 | 476 | 71,2 | 17 | 2,5 | 44 | 6,6 | 3 | 0,4 | 22 | 3,3 | 107 | 16,0 | 193 | 28,8 | 669 |
| Huasco | 13 | 1,8 | 53 | 7,2 | 413 | 56,0 | 479 | 65,0 | 34 | 4,6 | 63 | 8,5 | 5 | 0,7 | 33 | 4,5 | 122 | 16,6 | 257 | 34,9 | 737 |
| Promedio | | 2,0 | | 6,3 | | 60,2 | | 68,5 | | 3,3 | | 7,7 | | 0,4 | | 3,2 | | 16,8 | | 31,4 | |

Tabla 9. Número de especies nativas por comuna según categorías de estado de conservación para la Región de Atacama.

| Comuna | EP | | VU | | FP | | Subtotal | | IC | | IC(EX?) | | IC(EP?) | | IC(VU?) | | IC(FP?) | | Subtotal | | Total |
|------------------|----|-----|----|-----|-----|------|----------|------|----|-----|---------|------|---------|-----|---------|-----|---------|------|----------|------|-------|
| | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n |
| Chañaral | 10 | 3,7 | 20 | 7,4 | 157 | 58,1 | 187 | 69,3 | 6 | 2,2 | 31 | 11,5 | 0 | 0,0 | 7 | 2,6 | 39 | 14,4 | 83 | 30,7 | 270 |
| Diego de Almagro | 2 | 0,8 | 6 | 2,4 | 173 | 69,8 | 182 | 73,4 | 7 | 2,8 | 7 | 2,8 | 0 | 0,0 | 4 | 1,6 | 48 | 19,4 | 66 | 26,6 | 248 |
| Caldera | 5 | 2,0 | 18 | 7,1 | 190 | 74,8 | 213 | 83,9 | 3 | 1,2 | 7 | 2,8 | 1 | 0,4 | 5 | 2,0 | 25 | 9,8 | 41 | 16,1 | 254 |
| Copiapó | 9 | 1,7 | 25 | 4,7 | 362 | 67,5 | 396 | 73,9 | 9 | 1,7 | 32 | 6,0 | 2 | 0,4 | 17 | 3,2 | 80 | 14,9 | 140 | 26,1 | 536 |
| Tierra Amarilla | 6 | 1,6 | 16 | 4,3 | 270 | 73,4 | 292 | 79,3 | 5 | 1,4 | 13 | 3,5 | 0 | 0,0 | 9 | 2,4 | 49 | 13,3 | 76 | 20,7 | 368 |
| Huasco | 5 | 1,5 | 25 | 7,3 | 216 | 62,8 | 246 | 71,5 | 7 | 2,0 | 26 | 7,6 | 4 | 1,2 | 12 | 3,5 | 49 | 14,2 | 98 | 28,5 | 344 |
| Freirina | 5 | 1,9 | 20 | 7,4 | 191 | 71,0 | 216 | 80,3 | 3 | 1,1 | 8 | 3,0 | 1 | 0,4 | 10 | 3,7 | 31 | 11,5 | 53 | 19,7 | 269 |
| Vallenar | 6 | 1,6 | 24 | 6,3 | 266 | 69,3 | 296 | 77,1 | 8 | 2,1 | 23 | 6,0 | 1 | 0,3 | 18 | 4,7 | 38 | 9,9 | 88 | 22,9 | 384 |
| Alto del Carmen | 4 | 1,1 | 25 | 6,6 | 248 | 65,6 | 277 | 73,3 | 16 | 4,2 | 14 | 3,7 | 0 | 0,0 | 11 | 2,9 | 60 | 15,9 | 101 | 26,7 | 378 |
| Promedio | | 1,7 | | 6,0 | | 68,0 | | 75,8 | | 2,1 | | 5,2 | | 0,3 | | 3,0 | | 13,7 | | 24,2 | |

de ellas quedan como Fuera de Peligro. Benoit (1989) indica que *Prosopis* spp estarían en categoría vulnerable. En la Región de Atacama hay registradas cuatro especies del género *Prosopis*, dos de ellas quedaron En peligro (*P. chilensis* y *P. flexuosa*), *P. strombulifera* se clasificó como Fuera de Peligro y *P. alba* como Insuficientemente Conocida potencialmente extinta. Cuatro de las especies clasificadas previamente como Vulnerables quedaron en la categoría Fuera de Peligro (*Bulnesia chilensis*, *Cordia decandra*, *Krameria cistoidea* y *Prosopis strombulifera*). Por otro lado, *Balsamocarpon brevifolium* paso de En Peligro a Vulnerable y *Deuterocohnia chrysantha* a la inversa. Los cambios en la clasificación de estas especies pueden justificarse por el uso de una metodología más rigurosa y una base de datos actualizada y completa, más que por una modificación efectiva en el estado de conservación (ver anexo 2). Ésta es una de las ventajas de la realización de los libros rojos regionales.

Tabla 10. Especies con problemas de conservación en la Región de Atacama citadas por Benoit (1989) y Espinoza et al. (1994) y la nueva clasificación según este trabajo.

| Especie | Categoría de Conservación | |
|----------------------------------|---------------------------|--------------|
| | Benoit | Este trabajo |
| <i>Asteriscium vidalii</i> | RA | FP |
| <i>Azorella compacta</i> | VU | - |
| <i>Balsamocarpon brevifolium</i> | EP | VU |
| <i>Bulnesia chilensis</i> | VU | FP |
| <i>Cordia decandra</i> | VU | FP |
| <i>Deuterocohnia chrysantha</i> | VU | EP |
| <i>Heliotropium glutinosum</i> | RA | VU |
| <i>Krameria cistoidea</i> | VU | FP |
| <i>Laretia acaulis</i> | VU | IC(FP?) |
| <i>Monttea chilensis</i> | VU | - |
| <i>Pintoa chilensis</i> | RA | EP |
| <i>Prosopis alba</i> | VU | IC(EX?) |
| <i>Prosopis chilensis</i> | VU | EP |
| <i>Prosopis flexuosa</i> | VU | EP |
| <i>Prosopis strombulifera</i> | VU | FP |
| <i>Schinus pearcei</i> | RA | IC(EX?) |

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La Región de Atacama posee 980 especies de plantas vasculares nativas, de las cuales 9,6% presenta problemas de conservación (i.e., 94 especies en las categorías En Peligro o Vulnerable). Este valor es menor al compararlo con las otras dos regiones en que se dispone de una información equivalente. El 14,0% de la flora nativa en la Región de Coquimbo (Squeo et al. 2001) y el 22,9% en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins (Serey et al. 2007) presentan problemas de conservación a nivel regional. Por otro lado, es levemente superior al compararlo con el 8% de las especies de plantas con problemas de

conservación estimado a nivel mundial (Chapin et al. 2000). Si se incluyen las especies Insuficientemente Conocidas en subcategorías IC(EX?), IC(EP?) y IC(VU?), el porcentaje de la flora con problemas de conservación sube hasta cerca del 27%; mientras que ese valor para la Región de Coquimbo fue de un 41% (Squeo et al. 2001). La tendencia de aumento hacia Chile central en la proporción de especies amenazadas estaría correlacionado con el cambio en el uso del suelo y la destrucción de hábitats.

Más de la mitad de las especies de plantas nativas de la Región de Atacama tienen su límite latitudinal de distribución en ella. Dos tercios de ellas corresponden a las que tienen su límite norte de distribución en Atacama, indicando que el aumento de aridez hacia el norte del país es un filtro importante de especies. Esta misma proporción fue encontrada por Squeo et al. (2001) para la Región de Coquimbo. Los resultados muestran claramente que la condición de límite latitudinal de distribución está correlacionada con el estado de conservación. Dieciocho de las 26 especies nativas En Peligro poseen su límite latitudinal en la Región de Atacama. Si consideramos a las endémicas de la Región, este número sube a 24 especies. En el caso de las 68 especies Vulnerables, el 59% tienen su límite latitudinal en la Región (79% si se incluye a las endémicas de Atacama). De la flora nativa que tienen su límite sur en Atacama, el 12,3% tiene problemas de conservación, porcentaje levemente menor al encontrado en Coquimbo (12,9%). Sin embargo, sólo el 10,2% de las especies con su límite norte en Atacama están EP o VU, en contraste con el 16,2% en la Región de Coquimbo.

Los quiebres en la distribución de las especies son considerados evidencia de barreras biogeográficas (Villagrán et al. 1983, Arroyo et al. 1988). En este sentido, los patrones encontrados dan cuenta de gradientes ambientales latitudinales. En el caso de las especies con límite sur, el gradiente más probable esta asociada a la magnitud y frecuencia de las precipitaciones. Sin embargo, las especies que tienen su límite sur de distribución en la Región parecen estar más asociadas a la vegetación de lomas (i.e., oasis de neblina), y eventualmente a inferioridad competitiva frente a las especies menos xerofíticas. En cualquiera de estos dos casos, se trata de los márgenes de distribución de las especies, donde podrían haber operado factores de selección distintos a los del centro de su distribución.

Los modelos recientes de cambio climático predicen una disminución de las precipitaciones de invierno y un aumento de precipitaciones de verano (ver Capítulo 3). Estas condiciones afectarán en forma diferencial a la Región de Atacama, mientras que en la porción noreste del territorio es esperable un aumento de las precipitaciones, en el resto del territorio las condiciones se tornarán más secas. El efecto del Cambio Climático sobre la neblina es aún incierto, pudiendo mantenerse. En consecuencia, es esperable que las condiciones ambientales empeoren para las especies con problemas de conservación, en particular para aquellas con su límite norte en Atacama. La implementación de nuevas áreas de conservación orientadas a la recuperación de las especies regionales amenazadas (ver Capítulo 8) y el respaldo estatal a las acciones de conservación *ex situ* dirigidas (ver Capítulo 20), son algunas de las formas de aminorar este inminente riesgo de pérdida de biodiversidad (ver también Squeo et al. 2008).

El estado de conservación también es dependiente de la forma de vida. Dentro de la flora nativa, el 38,5% de los árboles y el 31,1% de las cactáceas están en las categorías EP o VU, en contraste con sólo el 11,0% de los

arbustos, 7,9% de las hierbas perennes y el 5,2% de las hierbas anuales. Si se considera a la flora endémica de Chile, no hay especies arborescentes con problemas de conservación pero el 32,5% de las cactáceas son EP o VU. Al igual que la flora endémica de la Región de Coquimbo (Squeo et al. 2001), un cuarto de la flora endémica de la Región de Atacama tiene problemas de conservación. Sin embargo, el porcentaje de cactáceas y arbustos endémicos de la Región de Atacama con problemas de conservación (EP+VU) es mayor al encontrado en las especies con estas formas de vida endémicas de la Región de Coquimbo (i.e., 37,6% y 34,8% versus 25,0% y 31,9%, respectivamente). La situación se revierte al considerar las hierbas perennes y anuales. El 19% de las hierbas perennes y el 11,8% de las anuales endémicas de la Región de Atacama están en las categorías En Peligro o Vulnerable, en contraste con el 22,9% y 13,5%, respectivamente, en la Región de Coquimbo (Squeo et al. 2001). Ahora, la proporción de especies herbáceas en categoría Insuficientemente Conocida es cercana al 50% en ambas regiones, por lo que este grupo requiere un esfuerzo de muestreo adicional en años lluviosos.

La nueva ley del bosque nativo recientemente promulgada, considera la aplicación de planes de manejo de preservación para resguardar la diversidad biológica y planes de manejo forestal cuando se trate del aprovechamiento del bosque nativo, manifestando una particular intención de resguardar las formaciones xerofíticas de alto valor ecológico. Además establece taxativamente la prohibición de cortar, eliminar, destruir o descepar individuos de especies amenazadas. Una estrategia de conservación orientada a reducir el número de especies con problemas de conservación debe priorizar la recuperación de poblaciones de estas especies, controlando los actuales impactos antrópicos que las afectan así como estimulando la re-vegetación con ellas. La creación de nuevas unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), Santuarios de la Naturaleza y Autodestinaciones de BBN con fines de conservación, así como la incorporación de nuevas Áreas Silvestres Privadas, debe ser acompañada por otras estrategias a nivel provincial y comunal.

En este capítulo se muestra la estadística de las especies con problemas de conservación a nivel provincial y comunal, lo que entrega a las autoridades de estos niveles territoriales los antecedentes para la toma de decisión que considere la protección de las especies en riesgo de extinción. En particular, los gobiernos comunales tienen herramientas reales que les permiten implementar medidas de protección y conservación dentro de su territorio, entre las cuales destacan las áreas de conservación definidas en el respectivo Plan Regulador Comunal. También los gobiernos regionales y provinciales pueden implementar medidas de protección.

En la preparación del catálogo de especies de la Región de Atacama se realizó un esfuerzo importante para resolver los problemas taxonómicos, así como para precisar las coordenadas de cada ejemplar en la base de datos de colectas. Las 119 especies sin colectas en los últimos 50 años -clasificadas como insuficientemente conocidas potencialmente extintas (IC(EX?))-representan el 12,1% de la flora nativa regional (y 17 de ellas son endémicas de Atacama). En contraste, Squeo et al. (2001) clasificaron sólo el 8,6% de la flora nativa de Coquimbo en esa categoría. Aún cuando es posible que algunas de estas especies no estuvieron nunca en la región, el alto número de ellas indica que se requiere un esfuerzo adicional de muestreo. De particular importancia son el análisis más en profundidad que se requiere hacer de las 38 especies endémicas de la Región de Atacama que quedaron Insuficientemente

conocidas, y dentro de ellas, a las 17 especies IC(EX?). Se requiere generar un programa de colectas dirigido a este grupo de especies y fomentar los estudios taxonómicos de estos grupos.

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), Contrato P05-002 ICM.

REFERENCIAS

- ARROYO J (2002) *Narcissus* (Amaryllidaceae), la evolución de los polimorfismos florales y la conservación más allá de las "listas rojas". *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 39-55.
- ARROYO MTK, FA SQUEO, JJ ARMESTO & C VILLAGRÁN (1988) Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: results of a natural experiment. *Ann. Missouri Botanical Garden* 75: 55-78.
- BENOIT I (1989) Red List of Chilean Terrestrial Flora. Ministerio de Agricultura, CONAF, Santiago.
- CHAPIN III FS, ES ZAVALA, VT EVINER, RL NAYLOR, TM VITOUSEK, HL REYNOLDS, DU HOOPER, S LAVOREL, OE SALAS, SE HOBBIE, MC MACK & S DÍAZ (2000) Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- CONAF (1999) Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Primera a Cuarta Región. CONAF-CONAMA, Santiago. 234 pp.
- ESPINOZA G, P GROSS & E HAJEK (1994) Percepción de los problemas ambientales en las regiones de Chile. CONAMA. Alfabeta. Santiago. 647 pp.
- GAJARDO R (1994) La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Santiago. 165 pp.
- MUÑOZ C (1973). Chile: Plantas en extinción. Editorial Universitaria, Santiago. 248 pp.
- 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.
- 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. xiii + 372 pp.
- SQUEO FA, G ARANCIO, JR GUTIÉRREZ, L LETELIER, MTK ARROYO, P LEÓN-LOBOS & L RENTERÍA-ARRIETA (2008) Flora Amenazada de la Región de Atacama y Estrategias para su Conservación. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. viii + 70 pp.
- UICN (2001) Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. ii + 33 pp.
- VILLAGRÁN C, MTK ARROYO & C MARTICORENA (1983) Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 56: 137-157.