

Capítulo 10

Determinación de áreas prioritarias para la conservación: análisis de parsimonia de endemismos (PAE) en la flora de la IV Región de Coquimbo

LOHENGRIN A. CAVIERES, MARITZA MIHOC, ALICIA MARTICORENA,
CLODOMIRO MARTICORENA, OSCAR MATTHEI &
FRANCISCO A. SQUEO

RESUMEN

Los taxa endémicos son aquellos que están restringidos a algún lugar geográfico específico y pueden definirse como la *biodiversidad única* de una región. Considerando que las especies endémicas al tener un rango de distribución restringido tendrían mayores probabilidades de extinguirse, detectar áreas con concentración de endemismos es fundamental para definir algunas áreas que tendrían prioridad para ser conservadas. El análisis de parsimonia de endemismos (Parsimony Analysis of Endemicity (PAE)) es un método de biogeografía histórica que permite clasificar áreas o localidades de acuerdo a taxa compartidos y detectar áreas con concentración de especies endémicas. En el presente trabajo se determinó a través de un análisis PAE áreas con concentración de endemismos dentro de la Región de Coquimbo y se comparó su representación en el actual Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado chileno (SNASPE). Los resultados indican que las áreas importantes para realizar acciones de conservación son: 1) la zona costera norte entre La Serena y Bahía Choros que contiene 136 especies endémicas de Chile y 15 endémicas de la región, es decir, que no están en ninguna otra región de Chile; 2) Los alrededores de Tongoy y la zona costera al sur de los altos de Talinay con 191 especies endémicas de Chile y 24 endémicas de la región; y 3) la zona costera de Los Vilos con 142 especies endémicas de Chile y 8 endémicas de la región. Sólo una unidad del SNASPE en la Región (P.N. Fray Jorge) se corresponde con una de las áreas identificadas como prioritarias de conservar según su concentración de endemismos.

Palabras claves: Endemismo, parsimonia, biodiversidad, Coquimbo

INTRODUCCIÓN

Chile es un país que posee una gran diversidad de climas y ecosistemas (Arroyo et al. 1993). La flora total de estos ecosistemas es particularmente rica en comparación a otros ecosistemas de latitudes templadas, presentando además un alto nivel de endemismo (Marticorena 1991). Sin embargo, el

conocimiento de la flora es muy desigual a lo largo de Chile, especialmente cuando se analiza el conocimiento de la flora a nivel de las regiones geopolíticas en que está subdividido el país (Marticorena et al. 1995, Matthei 1995, Rodríguez 1995). El conocimiento de la distribución de la biodiversidad es fundamental para llegar a una estrategia que permita el uso sustentable y la conservación de la biodiversidad del país.

Una de las definiciones más aceptadas de biodiversidad es: la cantidad de especies de una región determinada; la variabilidad genética de cada especie, incluyendo la diversidad de alelos de un mismo gen, el conjunto de diferencias génicas, y el número de ecosistemas que dichas especies conforman (Norse et al. 1986). Sin embargo, variables como el número de linajes evolutivos en una flora, el número de taxa a diferentes niveles taxonómicos, y el número de taxa endémicos, cobran tanta importancia como el número total de especies (Vane-Wright 1996).

Los taxa endémicos son aquellos que están restringidos a algún lugar geográfico específico y pueden definirse como la *biodiversidad única* de una región (Cowling et al. 1995, Kerr 1997). Considerando que las especies endémicas al tener un rango de distribución restringido tendrían mayores probabilidades de extinguirse (Myers et al. 2000), detectar áreas con concentración de endemismos es fundamental para definir algunas áreas que tendrían prioridad para ser conservadas (*sensu* Vane-Wright 1996).

El análisis de parsimonia de endemismos (Parsimony Analysis of Endemicity (PAE)) es un método de biogeografía histórica que permite clasificar áreas o localidades de acuerdo a taxa compartidos (Morrone & Crisci 1995). Con el uso de algoritmos de parsimonia cladística, y analogando las áreas o localidades a taxa y la presencia/ausencia de taxa a caracteres, se construye un cladograma de áreas (Morrone 1994, Morrone & Crisci 1995, Morrone et al. 1996). El cladograma resultante representa un conjunto de áreas anidadas que comparten taxa en común, y donde las dicotomías terminales representan los cambios bióticos más recientes: *las especies únicas de esas áreas o endemismos* (Posadas & Miranda-Esquivel 1999). Sólo se consideran áreas de endemismos a aquellos grupos monofiléticos sustentados por la presencia de dos o más especies (Morrone 1994, Posadas 1996, Posadas & Miranda-Esquivel 1999).

El objetivo de este trabajo es determinar a través de un análisis PAE, áreas con concentración de endemismos dentro de la Región de Coquimbo, y comparar su representación en el actual Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado chileno (SNASPE).

MATERIALES Y MÉTODOS

Base de datos

Se dividió la región en cuadrículas (cuadrantes) de 900 km², determinando un total de 45 cuadrantes que cubren la región (Capítulo 3, Fig. 1). Luego se determinó la presencia de cada especie en los diferentes cuadrantes, para lo cual se utilizó la información recopilada durante el presente proyecto. El total de especies nativas consideradas en este capítulo fue 1.443.

Análisis de parsimonia de endemismos

Para la aplicación del PAE (Morrone 1994) se utilizó una matriz donde las columnas representaban las cuadrículas y las filas las especies, agregándose una cuadrícula hipotética a la matriz de datos codificada con ausencias (0) para todos los taxa con el fin de enraizar los cladogramas. La matriz fue analizada con el programa NONA 2.0 (Goloboff 1997), donde se realizó una búsqueda heurística aleatorizando 50 veces el orden de entrada de las cuadrículas, almacenando todos los árboles igualmente parsimoniosos. Posteriormente se calculó el árbol de consenso estricto y la distribución de los caracteres (especies) sobre el árbol de consenso se realizó con el programa Winclada (Nixon 2000).

RESULTADOS

El análisis de la matriz produjo un total de 4 árboles igualmente parsimoniosos (L = 5610; Ci=0,25; Ri=0,43). El árbol de consenso estricto mostró tres áreas de endemismos principales (zonas A, B y C; Fig. 1), donde la zona C incluye áreas menores, mostrando todas ellas un patrón de áreas anidadas. Al mapear los cuadrantes que componen cada área se pueden delimitar tres grandes zonas: sector andino norte (zona A), sector andino sur (zona B), y un tercer sector que comprende en su mayor parte la zona costera y la montaña media (zona C) (Fig. 1). En esta región, la depresión intermedia, características de Chile centro sur, es reemplazada por la montaña media y valles transversales a consecuencia de los cordones montañosos transversales (ver las unidades geográfica en el Capítulo 2).

El área del sector andino norte (zona A) está sustentado por la presencia de cuatro especies endémicas: *Adesmia hystrix*, *Alstroemeria andina*, *Senecio micropifolius* y *Viola montagnei*. Ninguna de estas especies presenta problemas de conservación.

El sector andino sur (zona B) también se sustenta por la presencia de tres especies endémicas: *Buddleja suaveolens*, *Calceolaria arachnoidea* y *Senecio adenotrichius*. Ninguna de estas especies tiene problemas de conservación.

La zona C se divide en tres zonas menores (zonas C1, C2, C3) (Fig. 1), las que a su vez presentan unidades subordinadas. La zona C1 comprende las cuadrículas 2, 7, 12, 13, 17 y 18, y se distribuyen en la montaña media al norte de la región (Fig. 1). Esta zona presenta 32 especies endémicas comunes para las seis cuadrículas, destacándose la presencia de cuatro especies endémicas

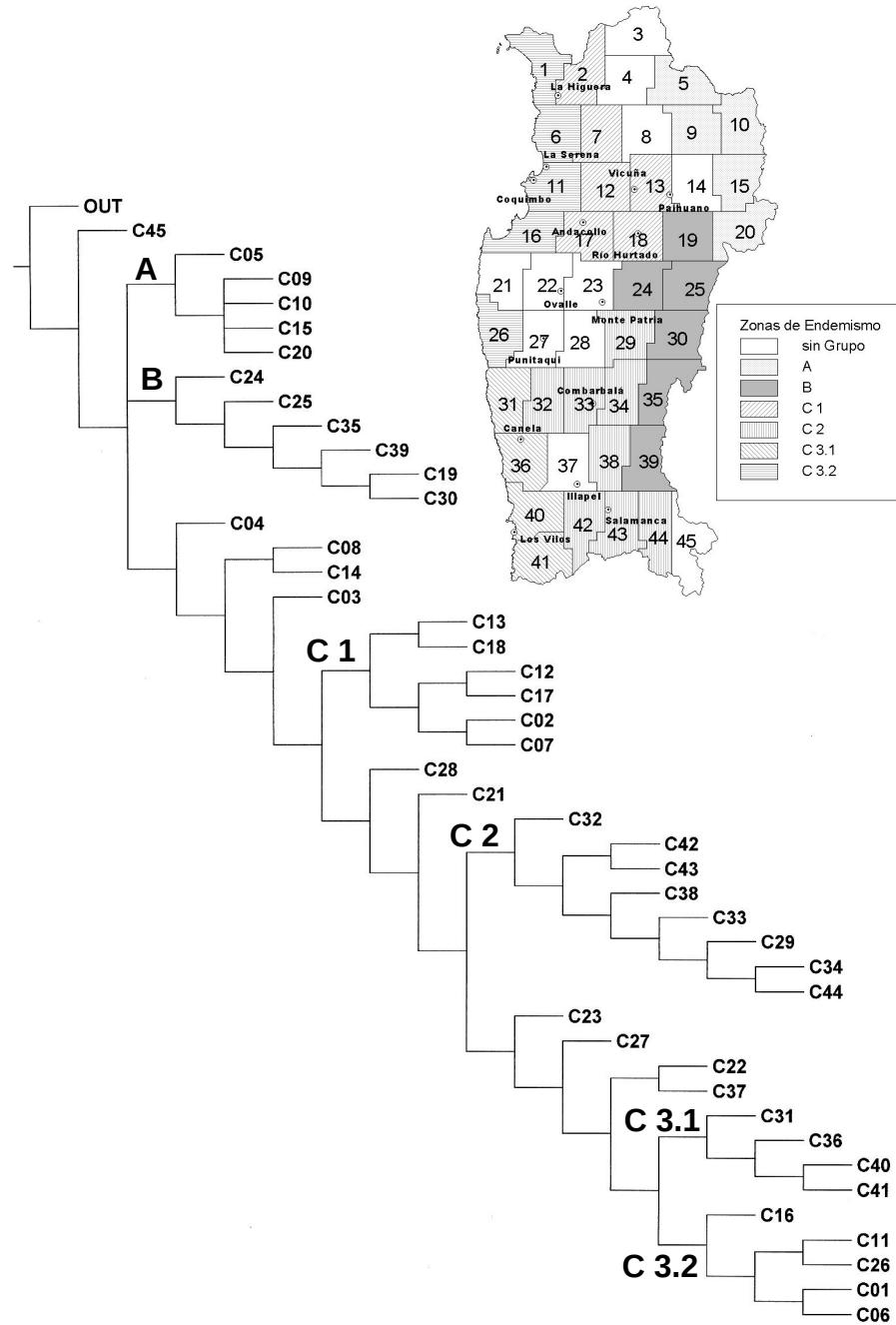


Fig. 1. Árbol de consenso estricto obtenido con el PAE y mapa con la localización espacial dentro de la región de Coquimbo de las áreas de endemismo obtenidas (ver explicación en el texto).

cuyo estado de conservación es vulnerable: *Bridgesia incisifolia*, *Caesalpinia angulata*, *Eriosyce aurata* y *Porlieria chilensis*. La zona C2 esta formada por las cuadrículas 29, 32, 33, 34, 38, 42, 43 y 44, las que se distribuyen en la parte sur de la montaña media (Fig. 1). Esta área posee 18 especies endémicas compartidas, encontrándose dos de éstas especies en estado de conservación vulnerable: *Eriosyce aurata* y *Porlieria chilensis*.

La zona C3 se distribuye a lo largo de la costa de la región, dentro de la cual se observan dos subáreas: C3.1 y C3.2 (Fig. 1). C3.1 comprende la zona costera sur, conformada por las cuadrículas 31, 36, 40 y 41. Estas cuadrículas comparten 65 especies endémicas, entre las que se encuentra la especie *Citronella mucronata* considerada en peligro de extinción para la región de Coquimbo y 11 especies vulnerables: *Adenopeltis serrata*, *Azara celastrina*, *Bridgesia incisifolia*, *Carica chilensis*, *Cryptocarya alba*, *Kageneckia oblonga*, *Leucocoryne purpurea*, *Melica longiflora*, *Myrceugenia rufa*, *Porlieria chilensis* y *Quillaja saponaria*, de las cuales *Carica chilensis* también es una especie vulnerable para la V Región, y *Porlieria chilensis* es vulnerable para las regiones V y Metropolitana (Benoit 1989). C 3.2 comprende la zona costera norte, conformada por las cuadrículas 1, 6, 11, 16 y 26. Estas están sustentadas por 80 especies endémicas, seis de las cuales están consideradas vulnerables: *Bridgesia incisifolia*, *Caesalpinia angulata*, *Carica chilensis*, *Loasa elongata*, *Plantago litorea*, *Senecio jacobaeiformis*. Ninguna de estas especies fue incluida en las categorías de conservación del Libro Rojo de la Flora de Chile (Benoit 1989).

Las dos “monofilias” importantes y resueltas que presenta el árbol de consenso son la zona B y C (Fig. 1). La zona B presenta una dicotomía terminal representada por las cuadrículas 19 y 30. Esta dicotomía se sustenta por 10 especies endémicas únicas, es decir, el resto de las cuadrículas que forman la monofilia no presentan estas especies. Estas son: *Ephedra gracilis* (vulnerable), *Oxalis coquimbana* (insuficientemente conocida), además de *Cruckshanksia pumila*, *Chaetanthera flavelifolia*, *Chuquiraga ulicina*, *Galium ovalleanum*, *Malesherbia paniculata*, *Phrodus microphyllus*, *Pleocarpus revolutus* y *Senecio tintolobus*. Estas cuadrículas se encuentran geográficamente disjuntas, sin embargo, están incluidas en una área mayor que define a la zona B (Fig. 1).

Las dicotomías terminales de la zona C son las cuadrículas 40, 41 (zona C 3.1) y 1, 6 (zona C 3.2). La dicotomía formada por las cuadrículas 40, 41 esta sustentada por 34 especies endémicas únicas, entre las cuales se encuentra *Senecio munnozii* (especie en peligro), además de las especies vulnerables: *Corrigiola propinqua*, *Cryptantha calycotricha*, *Chorizanthe paniculata*, *Chusquea cumingii*, *Dioscorea bryoniifolia*, *Echinopsis litoralis*, *Erigeron fasciculatus*, *Retanilla stricta* y *Tropaeolum brachyceras*. Dentro de las especies insuficientemente conocidas están *Alstroemeria pulchra*, *Baccharis macraei*, *Bartsia chilensis*, *Chloraea galeata*, *Dioscorea bridgesii*, *Eryngium pulchellum*, *Helenium glaucum*, *Lathyrus berterianus*, *Leucheria senecioides*, *Plagiobothrys fulvus*, *Plantago firma*, *Schizanthus parvulus* y *Verbena porrigens*. El clado compuesto por las cuadrículas 01 y 06 comparten 9 especies endémicas únicas: *Alstroemeria kingii*, *Argemone rosea*, *Gutierrezia gayana*, *Heliotropium chenopodiaceum*, *Teucrium nudicaule*, y *Tetragonia copiapiña*, además de las especies clasificadas como insuficientemente conocidas *Euphorbia thinophila*,

Valeriana fragilis y *Loasa bertrandii*. En esta monofilia un tercer clado, también presenta esta dicotomía terminal, representado por las cuadrículas 11 y 26, no obstante, a diferencia de lo observado para las cuadrículas 19 y 30, estas se encuentran separadas por áreas que no pertenecen a una unidad mayor. Esta separación se debe a la cuadrícula 21 (un área sub-colectada, ver Capítulo 5), la que en los distintos árboles generados en el análisis, resultó tener una baja relación con las cuadrículas geográficamente contiguas, provocando una discontinuidad espacial en la distribución de las especies.

En consecuencia, las áreas importantes para realizar acciones de conservación ya que presentan una gran cantidad de endemismos, y optimizan la representación de especies de las áreas mayores a las cuales pertenecen, son las cuadrículas 1-6, 11-26, 40-41 y 19-30. Las cuadrículas 1-6 presentan en total 186 especies, de las cuales 136 (73%) son endémicas de Chile, y 15 (8%) endémicas de la región, es decir, que no están en ninguna otra región de Chile. Las cuadrículas 11-26 presentan 293 especies, de las cuales 191 (65%) son endémicas de Chile y 24 (8,2%) son endémicas de la región (Tabla 1). Las cuadrículas 40-41 presentan 228 especies, de las cuales 142 (62.2%) son endémicas de Chile. De estas 8 (3,5%) son endémicas de la región (Tabla 1). Las cuadrículas 19-30 (ubicadas en la zona andina) contienen un total de 152 especies, de las cuales sólo 45 (29.6%) son endémicas de Chile. De estas últimas sólo 3 (2%) son endémicas de la Región de Coquimbo (Tabla 1).

DISCUSIÓN

En este trabajo se propuso determinar las áreas de máxima biodiversidad en concentración de especies endémicas dentro de la Región de Coquimbo, utilizando un análisis de parsimonia de endemismos (PAE). Dentro de los cladogramas de áreas generados por este tipo de aproximaciones, los patrones de áreas anidadas en las ramas terminales de los cladogramas son importantes para la determinación de áreas prioritarias para conservación (Posadas 1996, Posadas & Miranda-Esquivel 1999), debido a que en ellas se concentra el mayor número de especies, las que a su vez, se encuentran presentes en el resto de las áreas que conforman el clado.

Las zonas obtenidas en el presente análisis, dividen a la región en áreas que tienen un alto grado de similitud con las regiones vegetacionales propuestas por Gajardo (1994). La zona A encontrada por el PAE, se corresponde con la Estepa Altoandina de Coquimbo, mientras que la zona C3 a la sub-región del matorral estepario. El punto donde el grado de similitud se hace más evidente es a nivel de las unidades menores que reconoce Gajardo (1994). La zona C3.2 se asocia con el matorral estepario costero, mientras que la zona C3.1 con matorral estepario boscoso y matorral estepario arborescente. Estas dos últimas formaciones vegetales se correlacionan con el clado terminal (zona C3.1), donde las cuadrículas 31 y 36 se superponen con el matorral estepario boscoso y la dicotomía terminal formada por las cuadrículas 40 y 41 con el matorral estepario arborescente.

En general, la flora de Chile está caracterizada por un alto nivel de endemismo (Marticorena 1991, Matthei 1995, Marticorena et al. 1995), superando el 50%. A nivel regional se han citado 1.478 especies, de las cuales

Tabla 1. Listado de especies endémicas de la Región de Coquimbo utilizadas en este Capítulo, con sus categorías de estado de conservación (CC) y su distribución en la región. (*) Números según Fig. 1.

Nombre Especies	CC	Cuadrículas (*)
<i>Acantholippia trifida</i> (Clos) Moldenke	VU	9, 13, 14, 15
<i>Adesmia aromatica</i> Burkart	IC(VU?)	18
<i>Adesmia bedwellii</i> Skottsb.	FP	11, 21, 22, 26, 27, 28
<i>Adesmia calycicomosa</i> Burkart	IC(VU?)	7, 14, 19
<i>Adesmia denudata</i> Phil.	IC(VU?)	39, 44
<i>Adesmia dichotoma</i> Clos	FP	2, 14, 15, 18, 29
<i>Adesmia littoralis</i> Burkart	EP	1, 11, 16
<i>Adesmia peraltae</i> (Phil. ex Reiche) Ulib.	IC(EX?)	13
<i>Adesmia reclinata</i> Muñoz	VU	26, 40
<i>Adesmia rubroviridis</i> Burkart	FP	18, 24, 29, 30, 34, 35
<i>Alstroemeria magenta</i> Ehr. Bayer	FP	25, 26, 36, 41
<i>Alstroemeria schizanthoides</i> Grau	FP	9, 13
<i>Araeoandra tenuicaulis</i> (Barnéoud) Lefor	FP	1, 6, 11, 12, 16, 22, 26
<i>Arenaria oligosperma</i> Naudin	IC(EX?)	6
<i>Argylia farnesiana</i> Gleisner et Ricardi	IC(VU?)	2
<i>Aristolochia bridgesii</i> (Klotzsch) Duch.	FP	1, 2, 3, 6, 7, 11, 12, 13, 17
<i>Astragalus schinetorum</i> Barneby	IC(EP?)	30
<i>Atriplex coquimbana</i> Phil.	EP	11, 22, 26
<i>Berberis glomerata</i> Hook. et Arn.	FP	6, 11, 12, 16, 17, 22, 27, 28, 37
<i>Bowlesia macrophysa</i> Zoellner	IC(VU?)	30, 35
<i>Calceolaria abscondita</i> Witasek	IC(VU?)	1, 34
<i>Calceolaria collina</i> Phil.	IC(EX?)	7
<i>Calceolaria picta</i> Phil.	EP	1, 6, 16, 17
<i>Calceolaria quadriradiata</i> Phil.	IC(EX?)	33
<i>Calceolaria robusta</i> A.Dietr.	EP	26
<i>Centaurea gayana</i> J.Remy	IC(EX?)	7
<i>Chaetanthera flabellifolia</i> Cabrera	FP	9, 10, 15, 19, 20, 30
<i>Chorizanthe frankenioides</i> J.Remy	EP	1, 11
<i>Chorizanthe glabrescens</i> Benth.	IC(EX?)	7, 11, 26
<i>Chorizanthe viridis</i> Phil.	FP	8, 9, 12, 13, 14, 15, 19, 29, 34, 35, 38, 39, 42, 43, 44
<i>Cistanthe coquimbensis</i> (Barnéoud) Carolin ex Hershk.	FP	1, 6, 7, 11, 12, 16, 17, 18, 22, 23, 26, 28
<i>Cryptantha chispae</i> Grau	VU	1, 11, 16, 26
<i>Cryptantha dolichophylla</i> (Phil.) Reiche	FP	11, 12, 13, 18, 26, 37
<i>Cryptantha longifolia</i> (Phil.) Reiche	IC(EX?)	39
<i>Cryptantha volckmannii</i> (Phil.) I.M.Johnst.	IC(FP?)	9, 10, 13, 18, 24, 29, 34, 35, 39
<i>Cuscuta rustica</i> Hunz.	IC	15
<i>Cuscuta werdermannii</i> Hunz.	IC	11
<i>Cyperus volckmannii</i> Phil.	IC(EX?)	29
<i>Cyphocarpus innocuus</i> Sandwith	IC(FP?)	9, 12, 17, 18, 44
<i>Echinopsis coquimbana</i> (Molina) Friedrich et G.D.Rowley	FP	1, 2, 6, 7, 11, 12, 16, 17, 21, 22, 23

Nombre Especies	CC	Cuadrículas (*)
<i>Echinopsis nigripilis</i> (Phil.) Friedrich et G.D.Rowley	IC(EX?)	11
<i>Echinopsis skottsbergii</i> (Backeb.) Friedrich et G.D.Rowley	FP	21, 22, 26, 31, 36, 40, 41
<i>Eryngium coquimbantum</i> Phil. ex Urb.	FP	1, 6, 11, 16, 22, 26, 31, 37, 40
<i>Euphorbia elquiensis</i> Phil.	FP	6, 11, 12, 16, 17, 26
<i>Euphorbia ovalleana</i> Phil.	IC(EX?)	29, 34
<i>Euphorbia raphilippii</i> Oudejans	IC(EX?)	38
<i>Galium leptum</i> Phil.	EP	18, 34
<i>Galium ovalleum</i> Phil.	FP	7, 13, 18, 19, 29, 30, 33, 34
<i>Gamochaeta suffruticosa</i> (Phil.) Anderb.	IC(VU?)	14, 19, 37, 43
<i>Gethyum cuspidatum</i> (Harv. ex Baker) M.Muñoz	VU	6, 11, 16, 21, 22, 26, 31, 36
<i>Gnaphalium illapelinum</i> Phil.	IC(VU?)	30, 37
<i>Gnaphalium perpusillum</i> Phil.	IC(EX?)	23
<i>Haplopappus bezanillanus</i> (J.Remy) Reiche	VU	33, 34
<i>Haplopappus elatus</i> (Phil.) Reiche	IC(EX?)	11
<i>Haplopappus ischnos</i> (Phil.) Reiche	IC(VU?)	1, 28, 34, 40
<i>Haplopappus meyenii</i> Walp.	EP	26, 27, 31
<i>Haplopappus pinea</i> (Phil.) Reiche	IC(FP?)	24, 44
<i>Helenium ovalense</i> Bierner	IC(VU?)	22, 26
<i>Lepidium morrisonii</i> C.L.Hitchc.	IC(VU?)	44, 45
<i>Leucocoryne conferta</i> Zoellner	EP	33, 37, 41
<i>Linum ramosissimum</i> Gay	VU	1, 6, 11, 26, 34, 40
<i>Loasa arnottiana</i> Gay	IC(VU?)	12, 18, 23, 44
<i>Loasa multifida</i> Gay	VU	7, 12, 17, 22, 23, 26, 27, 37, 38
<i>Loasa urmenetae</i> Phil.	VU	11, 16, 26, 40
<i>Maihueniopsis grandiflora</i> F.Ritter	IC(VU?)	7, 14
<i>Maihueniopsis wagenknechtii</i> F.Ritter	VU	4, 5, 19
<i>Malesherbia campanulata</i> Ricardi	IC	5
<i>Malesherbia gabrielae</i> Ricardi	IC(VU?)	12, 13, 18, 28
<i>Malesherbia lanceolata</i> Ricardi	FP	9, 10, 15, 20
<i>Melica poecilantha</i> E.Desv.	VU	1, 7, 11, 13, 17, 22, 29, 31, 37
<i>Menodora linoides</i> Phil.	EX	44
<i>Menonvillea crassa</i> Rollins	IC	26
<i>Moscharia solbrigii</i> Crisci	IC(VU?)	1, 6, 11, 26
<i>Myrcianthes coquimbensis</i> (Barnéoud) Landrum et Grifo	EP	1, 6, 11
<i>Nassella coquimbensis</i> (Matthei) Peñail.	VU	26, 36
<i>Nothoscordum serenense</i> Ravenna	IC(VU?)	11, 21
<i>Oxalis coquimbana</i> Phil.	IC(VU?)	19, 30
<i>Oxalis gaudichaudii</i> Barnéoud	IC	11
<i>Oxalis glutinosa</i> Phil.	IC(VU?)	9, 11
<i>Oxalis maritima</i> Barnéoud	VU	6, 11, 16, 26
<i>Oxalis ovalleana</i> Phil.	IC	22
<i>Oxalis paniculata</i> Reiche	IC(EX?)	7, 8, 9, 12, 13, 14, 18, 19, 29, 30, 39

Nombre Especies	CC	Cuadrículas (*)
<i>Oxalis succulenta</i> Barnéoud	IC	11
<i>Peperomia coquimbensis</i> Skottsb.	EP	26
<i>Phycella scarlatina</i> Ravenna	FP	2, 7, 11, 16, 17, 18, 37
<i>Plagiobothrys collinus</i> (Phil.) I.M.Johnst.	FP	1, 6, 9, 11, 21, 26
<i>Plazia cheiranthifolia</i> (J.Remy) Wedd.	EX	24
<i>Polyachyrus gayi</i> J.Remy	IC(EX?)	1, 26
<i>Polycarpon coquimbense</i> Gereau et Martic.	IC(FP?)	9, 14
<i>Puya gilmartiniae</i> G.S.Varad. et A.R.Flores	IC(EX?)	11
<i>Schizanthus parvulus</i> Sudzuki	IC(VU?)	37, 39, 40, 41, 42
<i>Schizopetalon corymbosum</i> Al-Shehbaz	IC	26
<i>Senecio arleguianus</i> J.Remy	IC(FP?)	9, 10
<i>Senecio benaventianus</i> J.Remy	VU	26, 34, 35, 36, 37, 40, 44, 45
<i>Senecio coquimbensis</i> Phil.	EP	6, 11, 16, 26, 27, 31
<i>Senecio elquiensis</i> Cabrera	VU	7, 13, 18
<i>Senecio jilesii</i> Cabrera	VU	18, 30, 34
<i>Senecio jungei</i> Phil.	FP	37, 39, 44, 45
<i>Senecio munnozii</i> Cabrera	EP	40, 41
<i>Senecio portulacoides</i> J.Remy	FP	7, 9, 29, 30
<i>Senecio pubescens</i> Phil.	IC(EP?)	34
<i>Senecio rivularis</i> J.Remy	FP	15, 18, 23, 25, 29
<i>Sisymbrium foliosum</i> Phil.	IC(EX?)	8, 25
<i>Sisymbrium macrostachyum</i> Phil.	IC(EX?)	25
<i>Solanum albiflorum</i> Phil.	IC(EX?)	11, 37
<i>Solanum gaudichaudii</i> Dunal	IC(VU?)	26, 41
<i>Tropaeolum hookerianum</i> Barnéoud	VU	16, 18, 22, 26, 31, 37, 40, 41
<i>Tropaeolum looseri</i> Sparre	FP	7, 11, 13, 14, 15, 18, 24, 26, 29, 31, 45
<i>Valeriana aequiloba</i> Clos	IC	26
<i>Verbena multiglandulosa</i> Moldenke	IC(EP?)	7
<i>Verbesina saubinetia</i> Klatt	EP	11, 16
<i>Vicia truncata</i> Phil.	IC(EX?)	11
<i>Viguiera adenotricha</i> S.F.Blake	IC(EX?)	11
<i>Viola aurata</i> Phil.	EP	7, 13, 14
<i>Viola chrysantha</i> Phil.	FP	9, 10, 20
<i>Viola lanifera</i> W.Becker	NE	34, 38, 39
<i>Viola ovalleana</i> Phil.	IC(EX?)	28
<i>Weberbaueria suffruticosa</i> (Barnéoud) Al-Shehbaz	IC(FP?)	11, 23, 30, 39

el porcentaje de especies endémicas supera el 53%, siendo 140 especies (9,5%) exclusivas de la región (ver Capítulo 9). La Región de Coquimbo presenta una particular confluencia de factores que permiten esperar patrones de endemismos contrastantes entre los sectores interior y costero. Según nuestros resultados las áreas importantes para realizar acciones de conservación ya que presentan una gran cantidad de endemismos, y optimizan la representación de especies de las áreas mayores a las cuales pertenecen, están ubicadas en la costa (cuadrículas 1-6, 11-26, 40-41) y sólo una (19-30) en los Andes. Según Posadas (1996) sólo las áreas contiguas pueden ser sugeridas como prioritarias para la conservación. Según este estudio estas serían las comprendidas por las cuadrículas 1-6 y 40-41. Sin embargo, en la zona C3.2, las cuadrículas 11 y 26, pese a que se encuentran disyuntas, corresponden a clados con dicotomías terminales y que además concentran una gran cantidad de especies endémicas únicas para la región, razón por la cual también podrían ser sugeridas como sitios prioritarios para conservación.

Los Andes de la Región se caracterizan por una gran heterogeneidad geomorfológica y geológica, que determinan a su vez una alta diversidad de condiciones de suelo, estabilidad y permeabilidad del sustrato (Squeo et al. 1993). Esta diversidad geomorfológica afectaría localmente la distribución de las especies, y podría facilitar la formación de endemismos. Sin embargo, la flora no reconoce fronteras políticas, y la amplitud de estas condiciones también se encuentran en el lado Argentino de la cordillera, lo que impide la definición de mayor cantidad de endemismos a Chile.

En contraste con los Andes, la zona de la Costa es relativamente homogénea en términos morfológicos (Brüggen 1950). La mayor diversidad y concentración de endemismos en los desiertos costeros podría ser explicada, por un lado por la presencia de la “camanchaca” y la capacidad de las plantas de utilizar el agua de neblina gracias a la presencia de sistemas radiculares superficiales, y a la capacidad de responder en forma oportuna cuando ocurren eventos de precipitación (Armesto et al. 1993, Squeo et al. 1994, 1999, Ehleringer et al. 1998). Por otro lado, en el sector costero, el endemismo también obedecería al aislamiento general de la flora ya que por el norte se encuentra flanqueada por uno de los desiertos más secos del mundo: el desierto de Atacama, y la vegetación depende de las escasas precipitaciones, que a su vez presentan una alta variabilidad interanual.

El conocimiento de las áreas de concentración de especies endémicas es fundamental para formular una estrategia para el uso sustentable y la conservación de la biodiversidad. De acuerdo a este estudio, en la zona costera es donde se localizan las mayores concentraciones de endemismos, tanto a nivel nacional como endemismos a nivel local. En consecuencia, la zona costera debería tener una amplia representación dentro del SNASPE. Benoit (1996) señala que aunque el 18% del territorio chileno está dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), éste adolece de serias limitaciones producto de la sub-representación de los ecosistemas de desierto y zonas áridas.

El SNASPE en la Región de Coquimbo está integrado oficialmente por un Parque Nacional, dos Reservas Nacionales y un Monumento Nacional, que representan el 0,37% del área de la Región (Muñoz et al. 1996). Las principales

unidades del SNASPE en la Región se localizan en la zona costera (P.N. Fray Jorge) y la otra en la montaña media (R.N. Las Chinchillas). El simposio "Sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en Chile" realizado en 1993, reconoce la necesidad de aumentar la cobertura de protección de la biodiversidad del país por el SNASPE, para lo cual en la Región de Coquimbo fueron propuestos un total de 9 sitios prioritarios para la conservación. La elección de estas áreas se hizo utilizando antecedentes publicados, de museos y herbarios, y antecedentes basados en la experiencia de los participantes en el simposio. De los sitios propuestos, ocho de ellos fueron escogidos por fundamentos relativos a la flora, de estos, cinco se corresponden con zonas que en este estudio presentan patrones de áreas anidadas con dicotomías terminales y una concentración de endemismos. Por ejemplo, en Muñoz et al. (1996) se propuso conservar Punta Teatinos con prioridad Urgente, y la Zona Sur de Coquimbo con prioridad de Interés, ambas ubicadas dentro de la zona C3.2; Cerro Santa Inés fue propuesto con prioridad Importante, y El Ñague y Sector Tilama con prioridad de Interés, todos ellos ubicados en la zona C3.1.

La utilización de aproximaciones de biogeografía histórica, como el análisis de parsimonia de endemismos (PAE), permiten determinar áreas que además de contener muchas de las especies características de zonas mayores, contiene una gran cantidad de endemismos (Morrone & Crisci 1995, Posadas 1996). El uso de estas aproximaciones proporciona una nueva herramienta para complementar la designación de zonas que deban ser catalogadas como prioritarias para la conservación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto Actualización de la flora nativa clasificada en categoría de conservación para la región de Coquimbo-GORE IV Región-CONAF (BIP 20146564-0) y núcleo milenio N° P99-103-F ICM. Esta es una contribución del 'Centro de Estudios Avanzados en Biología Vegetal' Dirección de Investigación-Universidad de Concepción 201.111.025-1.4.

REFERENCIAS

- ARROYO MTK, JJ ARMESTO, F SQUEO & J GUTIÉRREZ (1993) Global change: the flora and vegetation of Chile. In: Mooney HA, ER Fuentes & BI Kronberg (eds.) Earth System Response to Global Change: Contrasts between North and South America, Academic Press, San Diego: 239-263.
- ARMESTO J, P VIDIELLA & J GUTIERREZ (1993) Plant communities of the fog-free coastal desert of Chile: Plant strategies in a fluctuating environment. *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 271- 282.
- BENOIT I (ed) (1989) Red list of chilean terrestrial flora. Part one. Corporación Nacional Forestal (CONAF). 151 pp.
- BENOIT I (1996) Representación ecológica del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. En: Muñoz M, H Núñez & J Yáñez (eds) Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile. Corporación Nacional Forestal (CONAF): 149-159.
- BRÜGGEN J (1950) Fundamentos de la geología de Chile, Santiago.
- COWLING R, E WITKOWSKI, A MILEWSKI & K NEWBEY (1995) Taxonomic, edaphic and biological aspect of plant endemism on matched sites in mediterranean Australia and South Africa. *Journal of Biogeography* 21: 651-664.

- EHLERINGER JR, PW RUNDEL, B PALMA & HA MOONEY (1998) Carbon isotope ratios of Atacama Desert plant reflect hyperaridity of region in northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 78-86.
- GAJARDO R (1994) *La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica*. Editorial Universitaria, Santiago. 165 pp.
- GOLOBOFF P (1997) NONA version 2.0 Published by the author.
- KERR JT (1997) Species richness, endemism, and the choice of areas for conservation. *Conservation Biology* 11: 1094-1000.
- MARTICORENA C (1991) Contribución a la estadística de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 47: 85-113.
- MARTICORENA C, C VON BOHLEN, M MUÑOZ & MTK ARROYO (1995) Dicotiledóneas. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds) *Diversidad Biológica de Chile. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica*. Santiago, Chile: 77-89.
- MATTHEI O (1995) Monocotiledóneas. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds) *Diversidad Biológica de Chile*: 70-76. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. Santiago, Chile.
- MORRONE JJ (1994) On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology* 43:438-441.
- MORRONE JJ & V CRISCI (1995) Historical Biogeography: introduction to methods. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:373-401.
- MORRONE JJ, D ESPINOSA-ORGANISTA & J LLORENTE-BOUSQUETS (1996) *Manual de Biogeografía Histórica*. Ediciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, México .
- MUÑOZ M, H NÚÑEZ & J YÁÑEZ (1996) *Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile*. Corporación Nacional Forestal, Santiago. 203 pp.
- MYERS N, RA MITTERMEIER, CG MITTERMEIER, G DA FONSECA & J KENT (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- NIXON KC (2000) *Winclada*. Published by the author.
- NORSE EA, KL ROSENBAUM, DS WICOVE, BA WILCOX, WH ROMME, DW JOHNSTON & ML STOUT (1986) *Diversity in our National Forest*. The Wilderness Society, 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.
- RODRIGUEZ R (1995) Pteridophyta. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds.) *Diversidad Biológica de Chile*, CONICYT, Chile, Santiago: 58-67.
- SQUEO FA, H VEIT, G ARANCIO, JR GUTIÉRREZ, MTK ARROYO & N OLIVARES (1993) Spatial heterogeneity of high mountain vegetation in the Andean desert zone of Chile. *Mountain Research and Development* 13: 203-209.
- SQUEO FA, JR EHLERINGER, N OLIVARES & G ARANCIO (1994) Variation in leaf level energy balance components of *Encelia canescens* along a precipitation gradient in north-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 143-155.
- SQUEO FA, N OLIVARES, S OLIVARES, A POLLASTRI, E AGUIRRE, R ARAVENA, C JORQUERA & JR EHLERINGER (1999). Grupos funcionales en arbustos desérticos definidos en base a las fuentes de agua utilizadas. *Gayana Botánica* 56: 1-15.
- VANE-WRIGHT RI (1996) Identifying priorities for the conservation of biodiversity: systematic biological criteria within a socio-political framework. In: Gaston KJ (ed) *Biodiversity: a biology of numbers and difference*, pp 309-344. Blackwell, Oxford.