

Capítulo 7

Diversidad Vegetal de la Región de Atacama, Chile

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

RESUMEN

La Región de Atacama está en el límite norte de uno de los 34 “Hotspots” de biodiversidad a nivel mundial. La flora total nativa (980 especies) e introducida naturalizada (119 especies) de esta región, comprende poco más del 19% de las especies presentes en la flora de Chile Continental. El 54,3% de las especies nativas son endémicas de Chile. Las hierbas perennes y arbustos son las formas de vida con mayor proporción de especies en la flora nativa (40,4% y 29,8%, respectivamente). Esta relación se invierte al considerar la flora endémica (arbustos= 38,7% y hierbas perennes= 28,9%). La mayor diversidad de especies nativas se concentra en los sectores costeros y hacia el sur de la región, y los menores en la porción intermedia norte de la región. Los “hotspots” de diversidad basado en la modelación del nicho potencial de 31 especies endémicas a la Región de Atacama se concentran en la cordillera de la costa y penetran por los valles de Copiapó y Huasco. Entre el 12% y el 53% del nicho potencial de cada una de estas especies está incluido en la solución de sitios prioritarios propuesta en el Capítulo 8.

Palabras clave: Endemismo, formas de vida, hotspots, modelo de nicho.

INTRODUCCIÓN

La Región de Atacama se encuentra en el límite norte del “Hotspot” o punto caliente de biodiversidad de Chile central, uno de los 34 “Hotspots” mundiales de biodiversidad (Arroyo et al. 2004, Mittermeier et al. 2004, ver Capítulo 1) La biodiversidad o diversidad biológica puede entenderse como la suma de toda la variación biótica desde el nivel genes hasta el de ecosistemas. La sustentabilidad ecológica del planeta es altamente dependiente de la mantención de la biodiversidad a distintos niveles (Adams et al. 2004, Squeo & Arroyo 2001). En conjunto, los seres vivos, desde microorganismos hasta plantas y animales, determinan la productividad de los ecosistemas, controlando los ciclos de nutrientes y afectando la estabilidad climática (Lubchenco et al. 1991).

El aumento de la población a nivel mundial ha traído consigo mayor demanda por alimento y por tierra para vivir, provocando que los procesos naturales de extinción de especies se aceleren. Datos de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) reconocen que el 25% de las Coníferas y el 52% de las

Cicadáceas a nivel mundial presenta problemas de conservación (Baillie et al. 2004). Experimentalmente se ha demostrado que los principales factores que explican la productividad vegetal son la composición funcional y la diversidad funcional (Tilman et al. 1997); a la vez que la pérdida de especies amenaza la funcionalidad y sustentabilidad de los ecosistemas (Tilman et al. 1996).

Una aproximación promisorio para los planes de conservación es identificar los "hotspots que presentan una excepcional concentración de especies endémicas y que experimentan una excepcional pérdida de hábitat (Prendergast et al. 1999, Myers et al. 2000, Mittermeier et al. 2004). Estudios como los de Squeo et al. (1998 y 2001a) y Serey et al. (2007) han contribuido a localizar las áreas con alta diversidad y con concentración de endemismos a nivel regional. Estos estudios contribuyen al diseño lógico de áreas silvestres protegidas (ver Capítulo 9).

El objetivo de este capítulo es presentar un análisis de la diversidad vegetal de la región de Atacama, haciendo especial énfasis a las áreas de concentración de especies con riesgo de extinción, elementos necesarios para la definición de nuevas áreas de conservación.

FUENTES DE INFORMACIÓN

El análisis que se presenta a continuación se sustenta en dos grupos de datos: el catálogo florístico y la base de datos de la flora de la Región de Atacama. El catálogo florístico de la Región de Atacama se basa en el catálogo nacional resultado del esfuerzo del Prof. Clodomiro Marticorena (Herbario Universidad de Concepción), he incluye información complementaria producto de la revisión de especialistas (ver Capítulo 6).

Para la distribución de la flora dentro de la región se usó la Base de Datos de Colectas de la Región de Atacama, constituida por los registros georeferenciados de los herbarios de la Universidad de La Serena (ULS, 6.562 registros), Universidad de Concepción (CONC, 5.154), Museo Nacional de Historia Natural (SGO, 3.527), Banco Base de INIA-Intihuasi (INIABB, 211) y complementada con los registros obtenidos en las campañas de terreno realizadas en los años 2006 a 2007 por este estudio (4.037 registros) y datos de la literatura (2.683) y otras fuentes (264) (ver Capítulo 4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Regional

La flora nativa de Atacama está constituida por 980 especies pertenecientes a 325 géneros y 104 familias (ver Capítulo 6). Al incluir las especies adventicias naturalizadas, se llega a 1.099 especies, 382 géneros y 106 familias. La flora total nativa e introducida naturalizada de la Región de Atacama contiene el 19,3% de las especies presentes en la flora de Chile Continental (Tabla 1). Al igual que en la Región de Coquimbo (Squeo et al. 2001b), la composición

taxonómica de la flora de Atacama es semejante a la de Chile Continental, excepto por una mayor diversidad de Dicotiledóneas.

Tabla 1. Composición taxonómica de la flora de Chile continental y de la Región de Atacama. Datos de Chile Continental basados en Squeo et al. (2001b)

	Chile		Región de Atacama			
	Continental*		Total**		Nativas	
	N°	%	N°	%	N°	%
Pterodophyta	122	2,1	10	0,9	10	1,0
Gymnospermae	16	0,3	5	0,5	5	0,5
Dicotyledoneae	4.361	76,4	915	83,3	822	83,9
Monocotyledoneae	1.206	21,1	169	15,4	143	14,6
Total	5.705		1.099		980	

* Incluye especies y taxa infra-específicos nativos e introducidos naturalizados.

** Incluye especies nativas e introducidas naturalizadas.

Las 10 familias con mayor diversidad de especies -las que representan el 54,6% de la flora- son: Asteraceae (155 especies), Poaceae (60), Fabaceae (57), Brassicaceae (45), Cactaceae (44), Solanaceae (42), Boraginaceae (38), Portulacaceae (37), Nolanaceae (29) y Apiaceae (28). Las cuatro primeras son también las con mayor número de especies en la Región de Coquimbo (Squeo et al. 2001b), pero Cactaceae y Nolanaceae no están dentro de las primeras 10 familias más diversas.

Los 10 géneros con mayor diversidad de especies nativas comprenden el 23,6% de ellas, estos son: *Senecio* (47 especies), *Adesmia* (41), *Nolana* (29), *Oxalis* (21), *Cryptantha* (17), *Cistanthe* (16), *Cristaria* (16), *Heliotropium* (16), *Chaetanthera* (14), *Copiapoa* (14). Los dos primeros son también los más diversos en la flora de la Región de Coquimbo, y también otros 3 géneros forman parte de los primeros 10 más diversos (i.e., *Chaetanthera*, *Cryptantha* y *Oxalis*) (Squeo et al. 2001b).

Endemismo

De las 980 especies nativas presentes en la Región de Atacama, el 54,3% de ellas son endémicas de Chile (532 especies). Dentro de las especies endémicas de Chile, 366 especies son endémicas de la región de Atacama y vecinas (II a IV Región) (Fig. 1). Entre estas cuatro categorías, el 42% de las especies son endémicas a las regiones II-III y II-III-IV, y sólo el 15% de estas especies son endémicas a la Región de Atacama (77 especies). En contraste, este mismo análisis realizado por Squeo et al. (2001b) para la Región de Coquimbo, muestra que el 75% de estas especies son endémicas de Coquimbo o de las regiones III-IV, y el 17,7% de las especies endémicas son exclusivas de Coquimbo (140 especies).

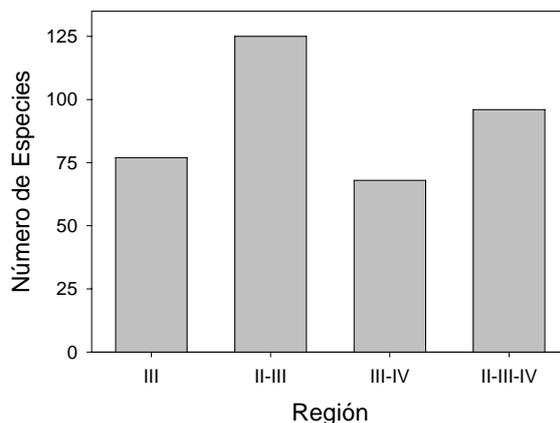


Fig. 1. Número de especies endémicas de la Región de Atacama y de especies que restringen su distribución a las regiones vecinas (II= Antofagasta, III= Atacama y IV= Coquimbo).

Formas de Vidas

Las formas de vida con mayor diversidad de especies en la flora nativa de la Región de Atacama son las hierbas perennes (40,4%), seguida por los arbustos (29,8%) y las hierbas anuales o bi-anuales (23,9%) (Tabla 2). Las cactáceas están representadas por 45 especies (4,6%), mientras que la forma de vida arbórea por sólo 13 especies (1,3%). Al considerar sólo las especies endémicas de Chile, la diversidad de la forma de vida arbusto aumenta proporcionalmente y disminuye la de hierbas perennes. Este patrón se mantiene si sólo consideramos las especies endémicas a la Región de Atacama y regiones vecinas.

Tabla 2. Número de especies según forma de vida en la flora nativa de la Región de Atacama, endémica de Chile y endémica de las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo (II-III-IV).

Forma de Vida	Nativa		Endémica			
			de Chile		de II-III-IV	
	n	%	n	%	n	%
Árbol	13	1,3	2	0,4	1	0,3
Arbusto	292	29,8	206	38,7	138	37,7
Cactácea	45	4,6	40	7,5	37	10,1
Hierba Perenne	396	40,4	154	28,9	101	27,6
Hierba Anual	234	23,9	130	24,4	89	24,3
Total	980		532		366	

Fortaleza de la Base de Datos de Colectas

La fortaleza de la Base de Datos de colectas de la Región de Atacama puede ser evaluada con el índice: número de especies / número de colectas. Este índice va desde 1 especie / colecta (considerado muy débil) hasta cerca de

cero especies / colecta (que indica sobre colecta a esa escala de muestreo) (Squeo et al. 1998, 2001b). A nivel de la Región de Atacama este cociente es 0,04, indicando un buen conocimiento de la flora. En comparación, la base de datos de la flora de Coquimbo logró un cociente especies / colecta cercano a 0,05 (Squeo et al. 2001b) y la de Antofagasta de 0,11 (Squeo et al. 1998).

Para realizar un análisis más detallado e independizar el número de especies del área, la región fue dividida en 82 unidades de aproximadamente 925 km² de superficie. El índice número de especies / número de colectas para estas unidades en la Región de Atacama fluctuó entre 1 (áreas en la porción nor-este de la región con muy baja intensidad de colecta y a las que no se pudo acceder en este estudio) y 0,09 (en las cercanías de Caldera) (Fig. 2). Siete áreas tienen valores menores a 0,25, concentrados en sectores que han sido relativamente bien estudiados.

Diversidad Vegetal

El número de especies presentes para un área determinada puede ser estimado a partir de la curva de acumulación de número de especies en el tiempo. El número de especies crece en la medida que aumenta el número de colectas hasta alcanzar un máximo. Se estimó el número de especies nativas que se esperan para cada área de 925 km², en base a la información histórica de las colectas a través de una regresión no lineal:

$$NSP = a / b * (1 - e^{-b * NCOL})$$

donde: *NSP* y *NCOL* son el número de especies y número de colectas registrados para un área en un tiempo determinado, respectivamente; *a* y *b* son constantes. El cociente *a/b* es el número máximo de especies esperado para dicha área.

Por la forma en que se realizó el cálculo, el número máximo de especies estimado está referido a una superficie de 925 km². Al comparar los números conocidos y estimados de especies en estas áreas, se observa mayores valores en los sectores costeros y hacia el sur, y los menores en la porción intermedia norte de la región (Fig. 3). Dos de los sectores con mayor número de especies están asociados parcialmente a unidades del SNASPE (PN Pan de Azúcar y PN Llanos de Challe). Cerca del 50% de la superficie regional tiene más de 100 especies / 925 km², y sólo poco más de 1/20 de la superficie tiene más de 200 especies (ver Fig. 3). Las áreas sin datos en el número de especies estimado se relacionan con la falta de colectas históricas.

El cálculo anterior permite estimar el número de especies, sin embargo no permite establecer la identidad taxonómica de las especies no colectadas. Al término de este estudio se conoce más del 80% de la composición florística de 2/3 de las áreas de 925 km², y más del 60% en el 84% de la región (Fig. 4). Por otro lado, se conoce menos del 40% de la flora en cerca de 1/10 de la región, fundamentalmente por la ausencia de caminos y las dificultades de acceso.

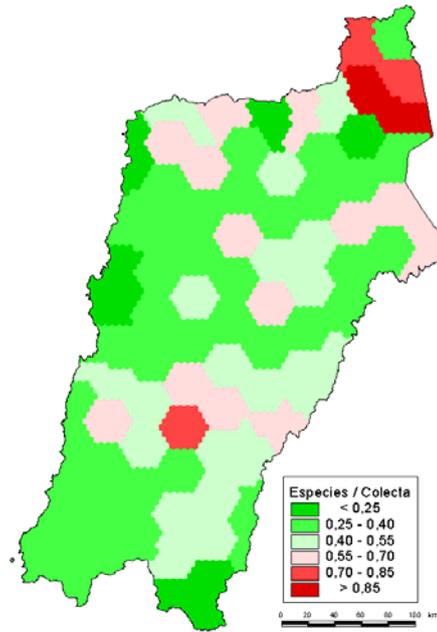


Fig. 2. Número de Especies / Número de Colectas en áreas de 925 km².

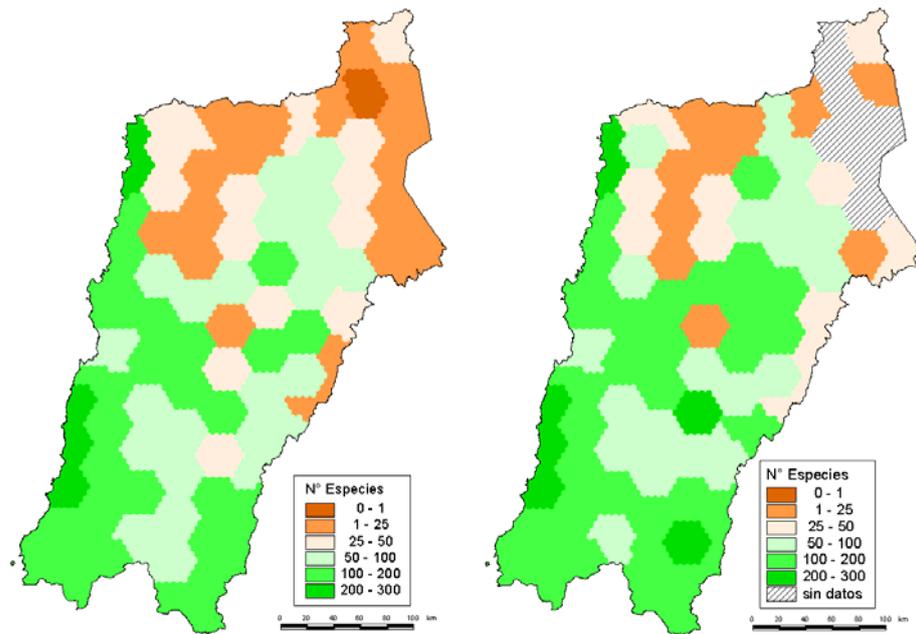


Fig. 3. Áreas de concentración de biodiversidad en la Región de Atacama, Chile. Se muestra el número de especies conocido (izquierda) y estimado (derecha) en áreas de 925 km².

Concentración de Especies con Problemas de Conservación

En Squeo et al. (Capítulo 4) se indicó que existían 94 especies con problemas de conservación (i.e. En Peligro y Vulnerable) a nivel regional, lo que representa el 9,6% de la flora nativa. En esta sección se pregunta ¿Cómo se distribuye espacialmente la proporción de especies con problemas de conservación?. Para este análisis se utiliza la información proveniente de las áreas de 925 km² (Fig. 5). Menos del 10% de la superficie regional concentra las áreas con mayor proporción de especies amenazadas (entre 10% y 20% de la flora del área). Sólo el PN Pan de Azúcar en la comuna de Chañaral se ubica en una de estas áreas. El área de 925 km² ubicado al nor-este de la región se explica por la presencia de dos especies amenazadas (*Senecio chrysolepis* (EP) y *Maihueniopsis glomerata* (VU)) de una flora total de 10 especies conocida. Sin embargo su cuociente especies / colecta es muy alto (i.e., 0,77) por lo que el número total de especies debería crecer (Fig. 2).

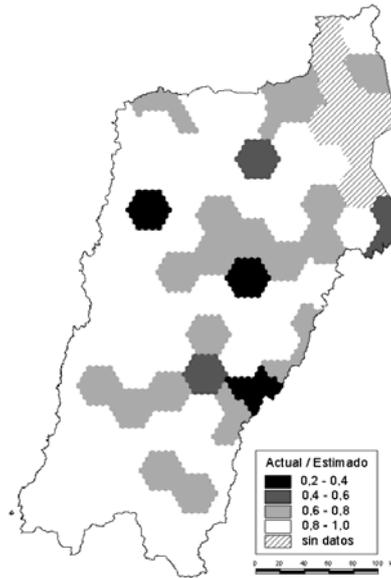


Fig. 4. Cuociente entre número de especies actualmente conocido / número de especies estimado para áreas de 925 km².

Nicho Potencial de Especies Endémicas de la Región de Atacama

El Nicho Potencial de una especie corresponde al área que reúne las condiciones ambientales que permiten el desarrollo y crecimiento de la especie. El nicho potencial podría no ser ocupado en su totalidad por la especie, debido a diversos factores (p.ej., barreras biogeográficas a las dispersión, eventos de extinción local, competencia con otras especies) (Vázquez 2005). Se modeló el nicho potencial para un total de 31 especies que son endémicas de la Región de Atacama, a excepción de *Copiapoa cinerea* la cual está parcialmente presente en la Región de Antofagasta (ver Tabla 3). No se incluyeron las otras 47 especies endémicas de Atacama por falta de suficiente información.

Tabla 3. Porcentaje del nicho potencial que esta incluido dentro de la configuración final de sitios para la conservación de las especies con problema propuestos en el Capítulo 8. FV= Forma de Vida (F= fanerófito, S= Sufrútice, K= Cactácea, H= Hierba perenne, A= Hierba anual), CC= Categoría de conservación (EP= En Peligro, VU= Vulnerable, FP= Fuera de Peligro, IC= Insuficientemente conocida). Las 31 especies son endémicas de la Región de Atacama, salvo por *Copiapoa cinerea* que está marginalmente en la Región de Antofagasta.

FV	CC	Especie	%
H	VU	<i>Alstroemeria polyphylla</i>	26,1
F	FP	<i>Aphyllocladus denticulatus</i>	14,3
K	VU	<i>Copiapoa cinerea</i>	22,4
K	VU	<i>Copiapoa dealbata</i>	25,4
K	FP	<i>Copiapoa marginata</i>	29,0
K	VU	<i>Copiapoa megarhiza</i>	21,3
AH	VU	<i>Cristaria calderana</i>	41,3
K	VU	<i>Eriogyne confinis</i>	18,8
K	VU	<i>Eriogyne crista</i>	40,4
K	VU	<i>Eriogyne eriosyzoides</i>	22,7
K	FP	<i>Eriogyne napina</i>	31,3
K	FP	<i>Eriogyne odieri</i>	28,3
F	VU	<i>Heliotropium filifolium</i>	30,3
F	IC(FP?)	<i>Heliotropium sclerocarpum</i>	23,7
H	EP	<i>Leontochir ovallei</i>	35,4
K	FP	<i>Maihueniopsis archiconoidea</i>	15,2
K	FP	<i>Maihueniopsis colorea</i>	12,4
S	FP	<i>Malesherbia obtusa</i>	15,0
H	FP	<i>Malesherbia rugosa</i>	12,8
S	FP	<i>Mathewsia nivea</i>	12,0
A	EP	<i>Menonvillea minima</i>	42,7
F	EP	<i>Pintoa chilensis</i>	22,4
F	FP	<i>Salpiglossis spinescens</i>	14,0
A	FP	<i>Schizopetalon tenuifolium</i>	32,3
S	IC(FP?)	<i>Senecio chamomillifolius</i>	22,7
S	IC(FP?)	<i>Senecio johnstonianus</i>	14,2
SF	FP	<i>Senecio luridus</i>	17,1
F	VU	<i>Suaeda multiflora</i>	33,7
A	FP	<i>Tetragonia pedunculata</i>	27,7
H	EP	<i>Weberbaueria lagunae</i>	53,2
Mínimo			12,0
Máximo			53,2



Fig. 5. Áreas de concentración de especies con problemas de conservación, calculado como el cociente entre número de especies con problema / número total especies nativas en cada área de 925 km².

Para obtener el Nicho Potencial se utilizó el software OpenModeller (Sutton et al. 2007) y el algoritmo: Genetic Algorithm for Rule-Set Prediction (GARP, Stockwell & Peters 1999). El Nicho Potencial se obtiene a partir de un mínimo de 5 puntos de colectas (base de datos Flora de Atacama). En este caso se utilizaron las colectas posteriores al año 1957. La información ambiental utilizada para proyectar los nichos de estas especies fue:

- a) Modelo digital de elevación obtenido del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (Farr et al. 2007).
- b) Precipitación promedio del MOP (ministerio de Obras Públicas) (ver Capítulo 3)
- c) Modelo de meso-escala de la Humedad Relativa a 2,5 m de altura para años secos (La Niña) y Húmedos (El Niño) a las 4 AM y 1 PM (ver Capítulo 3).
- d) Modelo de meso-escala de la Temperatura a 2,5 m de altura para años secos (La Niña) y Húmedos (El Niño) a las 6 AM y 1 PM (Capítulo 3).

El modelo de nicho arroja como salida un archivo de formato raster -con pixeles de 1 km²- que entrega la probabilidad de ocurrencia de la especie entre 0 y 100%. Ver ejemplos para *Pintoa chilensis* y *Eriosyce napina* en figura 6. Los "hotspots" de diversidad de estas 31 especies endémicas a la Región de Atacama se concentran en la cordillera de la costa y penetran por los valles de Copiapó y Huasco (Fig. 7). Cerca de la mitad de las especies tienen su nicho potencial en estas áreas. Es posible que la extinción local producto de la antropización del territorio y creciente aridización pueda explicar parte de la diferencia entre los sitios de colecta de los últimos 50 años y el nicho potencial (ver Capítulos 17 y 18). Por otro lado, también es posible que algunas áreas del nicho potencial de las especies no estén adecuadamente colectadas y que la especie si esté actualmente presente. Mejoras sucesivas en la base de datos

de colectas y en los parámetros físicos utilizados en la modelación de nicho potencial permitirían mejorar el valor predictivo, convirtiéndose en una útil herramienta para la planificación territorial.

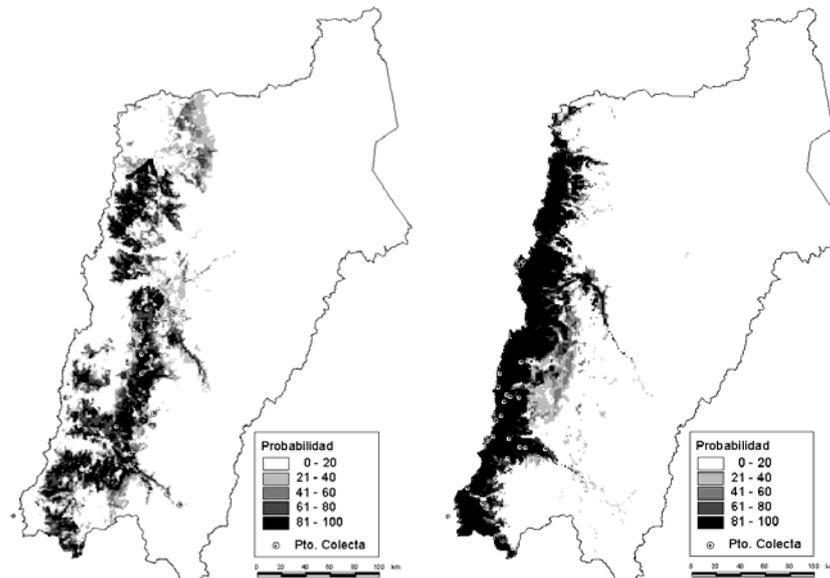


Fig. 6. Nicho potencial modelado para *Pintoa chilensis* (izquierda) y *Erioseye napina* (derecha) (ver explicación en el texto).

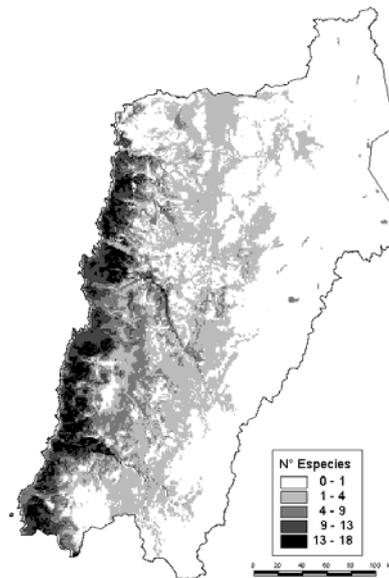


Fig. 7. Áreas de concentración de especies endémicas de la Región de Atacama. Basado en la modelación de nichos para 31 especies de plantas (ver explicación en el texto).

Sitios Prioritarios y Nicho Potencial

Squeo et al. (Capítulo 8) propusieron una configuración optimizada de sitios prioritarios para la conservación de las especies de plantas amenazadas. Una validación adicional de ese portafolio de conservación se logra al contrastarlo con los nichos potenciales generados en este capítulo. Entre el 12% y el 53% del nicho potencial de cada una de las especies está incluido en la solución, avalando la solidez del diseño espacial (Tabla 3).

El aumento de las superficies de las unidades del SNASPE (PN Pan de Azúcar y PN Llanos de Challe) y la incorporación de nuevos territorios al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, permitiría disponer de gradientes climáticos dentro del nicho potencial de las especies. Al reducir el impacto antrópico sobre estas áreas, es posible esperar una recuperación de las especies con problema. El clima regional ha cambiado en los últimos 40.000 años (Capítulo 16) y con ello la configuración espacial del nicho potencial. En periodos largos de tiempo es posible esperar migraciones dentro de ese espacio geográfico cambiante, así como áreas más estables que pueden ser consideradas paleo-refugios. Por otro lado, las condiciones climáticas también tienen fluctuaciones interanuales e interdecadales (ver Capítulo 3), para las que estas especies tienen respuestas funcionales que aseguran su permanencia en tiempos ecológicos dentro de un área. Las áreas consideradas como paleo-refugios climáticos son valiosas al momento del diseño de un portafolio de conservación, puesto que son una respuesta probada frente al cambio climático global (Letelier, en prep.)

La utilización de la modelación de nicho potencial permite proyectar las áreas potenciales de ocupación de las especies en escenarios de cambio climático global (Capítulo 3). Sin embargo aún está en construcción el modelo climático a meso-escala que incorpore los cambios previstos en el clima de la Región de Atacama (S. Montecinos, com. personal).

CONCLUSIONES

La Región de Atacama posee una de las floras más diversas y con mayores niveles de endemismo en Chile. La flora total nativa (980 especies) e introducida naturalizada (119 especies) de esta región comprende poco más del 19% de las especies presentes en la flora de Chile Continental. El 54,3% de las especies nativas son endémicas de Chile, y el 37,3% son endémicas de Atacama y regiones vecinas (regiones de Antofagasta a Coquimbo).

Las formas de vida dominantes en la flora nativa son las hierbas perennes (40,4%), seguida por los arbustos (29,8%) y las hierbas anuales o bi-anuales (23,9%). Dentro de las especies endémicas de Atacama y regiones vecinas, el 37,7% corresponden a arbustos.

Al término de este estudio se conoce más del 80% de la composición florística (en áreas de 925 km²) de los 2/3 de la región. Aún queda 1/10 de la región en que se conoce menos del 40% de su flora. A pesar de esto, se estimó que la mayor diversidad de especies nativas se concentra en los sectores costeros y hacia el sur de la región, y los menores en la porción

intermedia norte de la región. Dos de los sectores con mayor número de especies están asociados parcialmente a unidades del SNASPE (PN Pan de Azúcar y PN Llanos de Challe).

Los “hotspots” (puntos calientes) de diversidad basado en la modelación del nicho potencial de 31 especies endémicas a la Región de Atacama se concentran en las cordillera de la costa y penetran por los valles de Copiapó y Huasco. Entre el 12% y el 53% del nicho potencial de cada una de estas especies está incluido en la solución de sitios prioritarios, avalando la solidez del diseño espacial definido en el Capítulo 8.

La utilización de la modelación de nicho potencial permite proyectar las áreas potenciales de ocupación de las especies en escenarios de cambio climático global y para ubicar espacialmente las áreas consideradas como paleo-refugios climáticos son valiosas al momento del diseño de un portafolio de conservación. Esto será posible en el corto plazo cuando se disponga de los escenarios climáticos a meso-escala asociados al cambio global.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el Gobierno Regional de Atacama (Proyecto FNDR código BIP 30057872-0). El autor principal agradece a la Beca de Magíster del Proyecto ICM, código P05-002.

REFERENCIAS

- ADAMS WM, R AVELING, D BROCKINGTON, B DICKSON, J ELLIOTT, J HUTTON, D ROE, B VIRA & W WOLMER (2004) Biodiversity Conservation and the Eradication of Poverty. *Science* 306: 1146-1149.
- ARROYO MTK, PA MARQUET, C MARTICORENA, JA SIMONETTI, L CAVIERES, FA SQUEO & R ROZZI (2004) Chilean winter rainfall-Valdivian forests. En : (RA Mittermeier, PR Gil, M Hoffmann, J Pilgrim, T Brooks, CG Mittermeier, J Lamoreux & GAB da Fonseca, eds) *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Wealthiest and most Threatened Ecosystems*: 99-103. CEMEX, México D.F.
- BAILLIE JEM, LA BENNUN, TM BROOKS, SHM BUTCHART, JS CHANSON, Z COKELISS, C HILTON-TAYLOR, M HOFFMANN, ASL RODRIGUES, AJ STATTERSFIELD & SN STUART (2004) 2004 IUCN Red List of Threatened Species: A Global Species Assessment. Thanet Press Limited, Margate, United Kingdom, Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom. xxiv + 191 pp.
- FARR TG, PA ROSEN, E CARO, et al. (2007) The Shuttle Radar Topography Mission, *Rev. Geophys.*, 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183.
- LUBCHENCO J, AM OLSON, LB BRUBAKER, SR CARPENTER, MM HOLLAND et al. (1991) The Sustainable Biosphere Initiative: an ecological research agenda. *Ecology* 72: 371-412.
- 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.

- MYERS N, MITTERMEIER RA, CG MITTERMEIER, GAB DA FONSECA & J KENT (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- PRENDERGAST JR, RM QUINN & JH LAWTON (1999) The gaps between theory and practice in selecting nature reserves. *Conservation Biology* 13: 484-492.
- PURVIS A & A HECTOR (2000) Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405: 212-219.
- SEREY I, M RICCI & C SMITH-RAMÍREZ (2007) Libro Rojo de la Región de O'Higgins. Corporación Nacional Forestal - Universidad de Chile, Rancagua, Chile. VIII + 255 pp.
- SQUEO FA, LA CAVIERES, G ARANCIO, JE NOVOA, O MATTHEI, C MARTICORENA, R RODRÍGUEZ, MTK ARROYO, M. MUÑOZ (1998) Biodiversidad de la Flora Vasculare en la Región de Antofagasta, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 571-591.
- SQUEO FA & MTK ARROYO (2001) Presentación Científica del Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: 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: 3-11. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- SQUEO FA, G ARANCIO & JR GUTIÉRREZ (2001a) 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, G ARANCIO, C MARTICORENA, M MUÑOZ & JR GUTIÉRREZ (2001b) Diversidad Vegetal de la IV Región de Coquimbo, Chile. 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: 149-158. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- STOCKWELL DRB & DP PETERS (1999) The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographic Information Systems* 13, 143-158.
- SUTTON T, R DE GIOVANNI & M FERREIRA DE SIQUEIRA (2007) Introducing openModeller: A fundamental niche modelling framework. *OSGeo Journal* 1: 1-6.
- TILMAN D, D WEDIN & J KNOPS (1996) Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.
- TILMAN D, J KNOPS, D WEDIN, P REICH, M RITCHIE & E SIEMANN (1997) The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277: 1300-1302.
- VÁZQUEZ DP (2005) Reconsiderando el nicho Hutchinsoniano. *Ecología Austral* 15: 149-158.