

26. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad utilizando planificación sistemática de la conservación en la Cordillera de la Costa de Chile

*Priority sites for biodiversity conservation using systematic
conservation planning in the Chilean Coastal Range*

PABLO RAMÍREZ DE ARELLANO, RAÚL BRIONES
Y DIEGO ALARCÓN

Abstract

The Coastal Range in Chile contains many endemic and endangered species and forest ecosystems and has a high human footprint; despite of this, it is poorly represented in the designated protected areas. We defined explicit conservation targets for 358 conservation features based on threatened and other species of concern and dominant species occurrence and related distribution models, to assess the performance of current protected areas and other conservation initiatives. We used systematic conservation planning methods to select a set of sites that achieved the targets while minimizing the estimated cost of implementing and maintaining the features. Finally, we propose 28 priority sites based on how frequently they were selected in optimal solutions and the estimated degree of anthropogenic threat. The results and methods presented here provide the basis for improving the efficacy and efficiency of biodiversity conservation in the area.

Keyword: biodiversity, central Chile, protected areas, systematic conservation planning.

26.1 Introducción

Los bosques costeros de Chile se caracterizan por un alto porcentaje de endemismo de especies (Villagrán e Hinojosa, 1997; Arroyo *et al.*, 1996) localizadas en sitios con una fuerte y creciente influencia antrópica (Armesto *et al.*, 1998; Smith-Ramírez, 2004; Echeverría *et al.*, este volumen), además de estar escasamente representados en áreas protegidas (Ibarra-Vidal *et al.*, 2005). Por ello la Cordillera de la Costa de Chile se encuentra dentro de un hotspot de biodiversidad (Myers *et al.*, 2000, Mittermeier *et al.*, 2004).

A pesar de su importancia, no existe para dicha zona una evaluación integrada del aporte de las distintas iniciativas de conservación a la representación de un conjunto amplio de elementos de la biodiversidad, salvo esfuerzos aislados o geográficamente parciales, que consideran algunos elementos por separado, tales como listas de plantas por áreas (Arroyo *et al.*, 2005, Ibarra-Vidal *et al.*, 2005). Por otro lado, tampoco se ha propuesto un conjunto de sitios prioritarios basados en métodos de planificación sistemática de la conservación.

La planificación sistemática de la conservación (PSC) es considerada un estándar para definir sitios donde concentrar esfuerzos de conservación (Margules y Pressey, 2000). PSC es un proceso iterativo en que: 1) se definen metas claras de representación para una serie de elementos con distribución espacial explícita, 2) se evalúa el aporte de las áreas protegidas al logro de los objetivos propuestos, 3) se proponen sitios prioritarios que permiten lograr los objetivos propuestos de manera eficiente (ej. minimizando el costo de establecer y mantener el conjunto de sitios) y 4) se implementa y monitorea, como áreas protegidas, el conjunto de sitios prioritarios.

Los resultados de PSC son altamente dependientes de la cantidad y calidad de la información utilizada. Esta información debiera abarcar la diversidad espacial y temporal de la biodiversidad, dentro de la cual, la distribución de las especies es un componente central. Los métodos de modelación de distribución potencial de especies usan puntos de colecta y avistamiento de especies junto con variables ambientales para inferir los sitios más probables donde dichas especies podrían desarrollarse. Estos métodos permiten mejorar la calidad de la

información de biodiversidad, que tradicionalmente es escasa y con un sesgo hacia los sitios recurrentemente visitados. Adicionalmente, sirven para seleccionar ambientes que tienen el potencial de representar múltiples otras especies, elementos y funciones para las cuales no existe información adecuada (Mateo *et al.*, 2011). Otra fuente relevante de información para PSC proviene de la percepción remota, lo cual ha permitido contar con mapas que describen el tipo de uso y el grado de actividad antrópica. Esta información puede ser utilizada para estimar el nivel de amenaza antrópica, y el costo de establecer y mantener áreas de conservación en distintos sitios del territorio analizado (ej. Altamirano y Lara, 2010; Aguayo *et al.*, 2009).

El uso de PSC utilizando información de distribución de especies es pertinente para los desafíos que tiene Chile en materia de conservación de biodiversidad, referido a: 1.- manejar una contabilidad de biodiversidad y metas de desempeño asociadas; 2.- contar con sitios prioritarios donde enfocar la conservación y restauración ecológica; y 3.- identificar sitios donde privilegiar iniciativas privadas de conservación, además de zonas con desarrollo productivo compatible con la biodiversidad.

Varios ejercicios de planificación sistemática han sido propuestos para distintas localidades de Chile, algunos abarcan la Cordillera de la Costa (e.g. Squeo *et al.*, 2012). Sin embargo, el bajo número de elementos de la biodiversidad considerados, el escaso uso de modelos de distribución potencial, la resolución espacial gruesa de la información utilizada y la ausencia de un análisis de los sitios más robustos (aquellos que recurrentemente aparecen en soluciones óptimas utilizando distintas metas y superficies de costo) no han permitido proponer un conjunto de sitios prioritarios que oriente efectivamente los esfuerzos de conservación. Nuestro objetivo es utilizar información de origen público y sistematizada sobre la distribución de especies, usos de la tierra y amenazas a la biodiversidad de la Cordillera de la Costa para proponer sitios prioritarios de conservación utilizando PSC.

26.2 Límites de la Cordillera de la Costa de Chile

PSC de un territorio requiere primero su delimitación y luego su división en unidades de planificación sobre las que se decide si son incorporadas o no a un sistema de áreas protegidas

más eficiente. Para delimitar este territorio, se seleccionaron unidades geomorfológicas en base a Albers (2012) correspondientes a la Cordillera de la Costa, planicies costeras y cordones transversales entre los paralelos 32°45' y 43°25' de latitud sur. Luego se buscó aquellas zonas de origen geológico según SERNAGEOMIN (2004) del tipo metamórfico, plutónico y de sedimento litoral que pudieran estar asociadas a las unidades geomorfológicas inicialmente seleccionadas. Posteriormente se procedió a unir las unidades bajo estos dos conceptos y luego simplificar de manera de brindar continuidad espacial a las zonas. Finalmente, el área delimitada se dividió usando una grilla de 30 segundos, fraccionando la superficie en 105.084 unidades de planificación (PUs) que sumaron 7.163.685 ha y que fueron la base para la evaluación de escenarios en PSC. La delimitación del territorio para fines de este ejercicio de PSC denominaremos Cordillera de la Costa de Chile (Fig. 1).

26.3 Elementos de la biodiversidad, metas para su representación en el sistema de reservas, y estimación del costo de implementación y mantención

Los elementos de biodiversidad (e.g. especies, tipos de vegetación, ecosistemas) considerados en un ejercicio de PSC se denominan objetos de conservación. Es necesario conocer la distribución espacial de los objetos de conservación, para luego definir una proporción de la superficie total que ocupan y que será destinada a conservación. Para delimitar los objetos de conservación se compiló información de registros para un conjunto de 156 especies consideradas prioritarias (115 de flora, 20 de hongos y 21 de fauna), por haber sido sometidas al proceso nacional de clasificación RCE-MMA (2017). Se incluyeron también dos taxones de flora por ser endémicas del área de trabajo y tener hasta dos localidades conocidas, según lo explicado en Anexo 1.

Adicionalmente, se incluyeron 33 especies de flora dominante de acuerdo con su importancia en definir formaciones vegetacionales descritas por Gajardo (1994). Para modelar la distribución espacial de estas 33 especies, así como para 131 especies prioritarias que contaban con suficientes registros de localidades, se utilizó el método descrito en Alarcón y Cavieres (2015, 2018). Se utilizó información de distribución a partir de

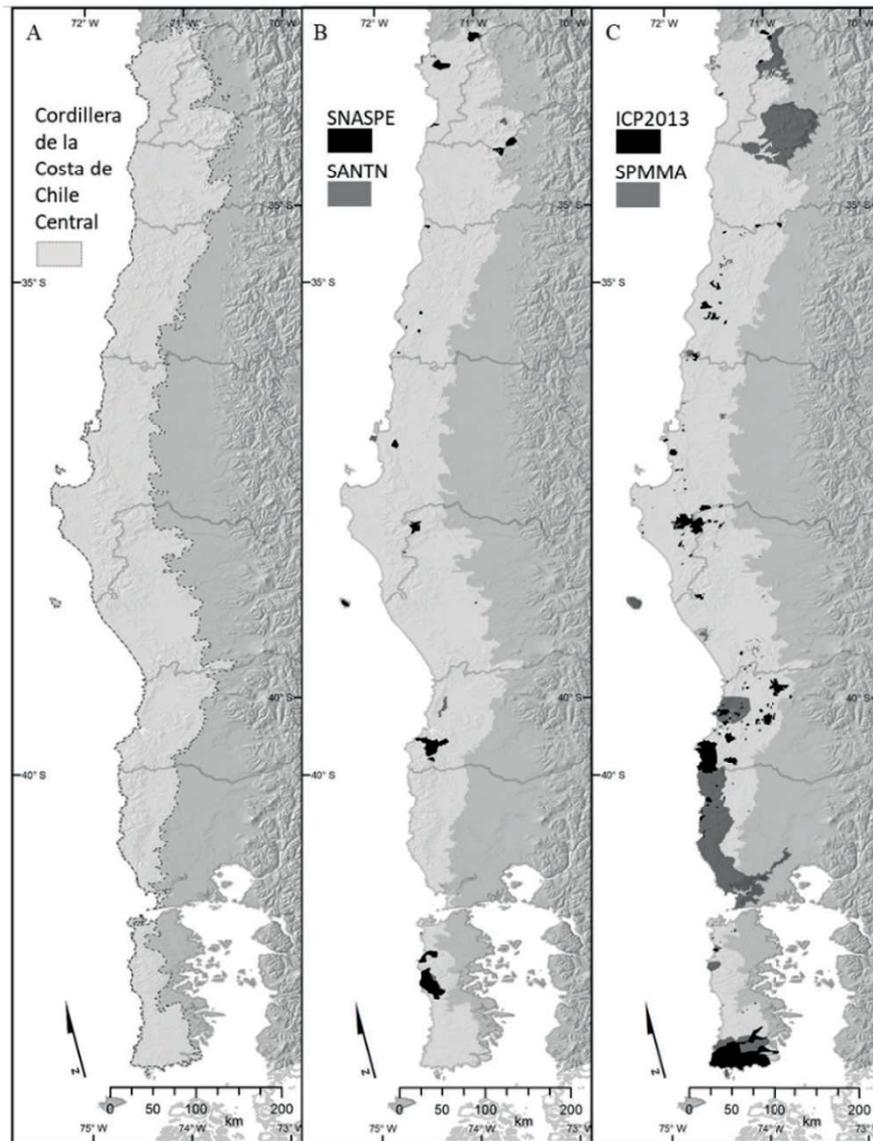


Figura 1. A: límites del área de estudio en la Cordillera de la Costa de Chile. B: cobertura de SNASPE y Santuarios de la Naturaleza (SANTN). C: cobertura de Iniciativas de conservación privadas año 2013 (ICP2013) y Sitios prioritarios del Ministerio de Medio Ambiente (SPMMA).

datos de herbarios e inventarios forestales, generando modelos de distribución mediante ocho técnicas estadísticas o algoritmos de modelamiento, todos ellos disponibles en el paquete estadístico BIOMOD (Thuiller *et al.*, 2009). Se usaron ocho variables ambientales, cuatro relacionadas con temperatura y cuatro relacionadas con disponibilidad hídrica (Alarcón y Cavieres, 2015). La fuente de esta información fueron los *rasters* globales de WorldClim a 30 arc-segundos de resolución espacial (Hijmans *et al.*, 2005).

Se seleccionaron 38 poblaciones para las 33 especies de flora dominante, en los límites latitudinales de su distribución. El criterio para definirlos como límites de distribución fue, aquellas áreas de su distribución modelada que están al norte de: a) el límite definido por el 10% de rango latitudinal o b) el 5% de superficie más al norte, seleccionándose el límite más septentrional entre ambas opciones. En el extremo sur de distribución de la especie, se consideró como límite latitudinal austral el 5% y no el 10% de la superficie debido a la inexistencia, de grandes prolongaciones latitudinales hacia el sur a diferencia de las distribuciones norte. En la Fig. 2 se presenta un ejemplo para el caso del conjunto de poblaciones de roble (incluyendo *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus macrocarpa*, como complejo). Para cada uno de los 358 objetos de conservación (ver nómina en Anexo 1) se fijaron metas de conservación proporcionalmente directas a su categoría de conservación y proporcionalmente inversas al tamaño de su distribución cuando se trató de distribuciones modeladas, tomando como referencia a Rodrigues *et al.*, (2004) y Fajardo *et al.*, (2014). Para especies con registro de presencia la meta fue proporcional a la categoría de conservación para el resto se utilizó un valor común para cada una de ellas (Fig. 3).

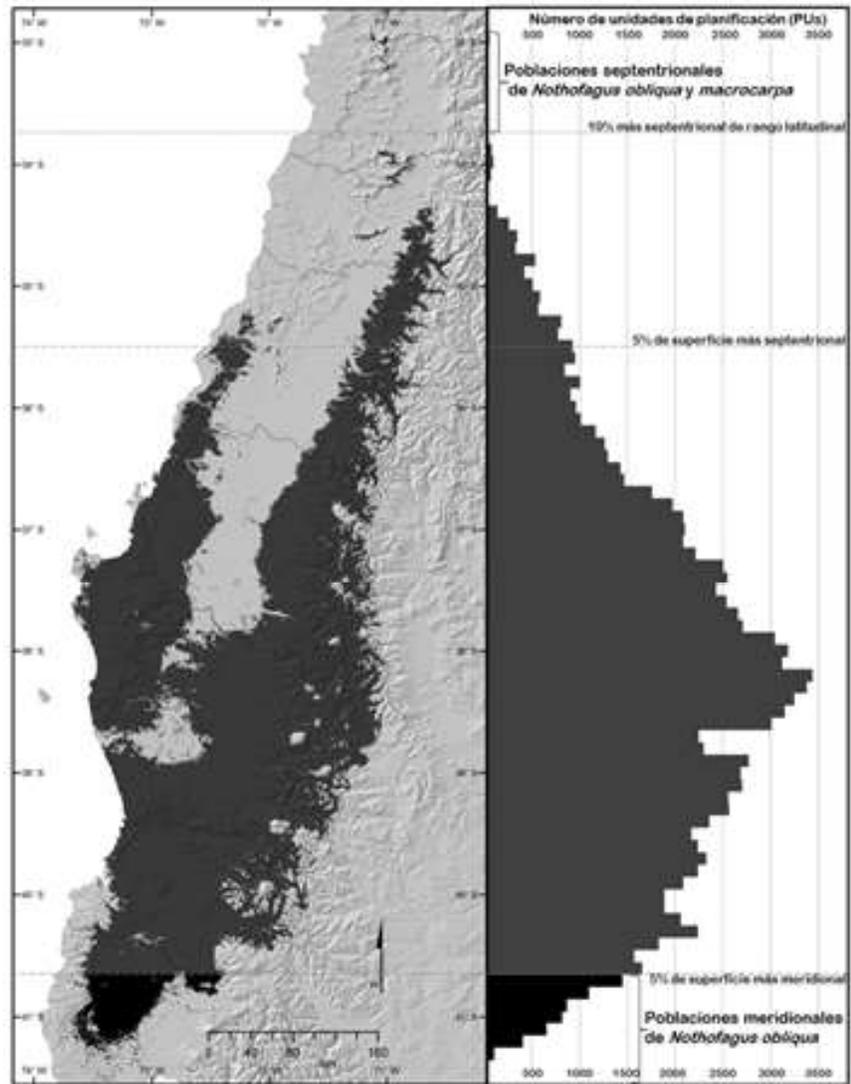


Figura 2. Modelo de distribución potencial del complejo de especies de roble (*Nothofagus obliqua* y *Nothofagus macrocarpa*), incluyendo los límites de las poblaciones marginales al área de distribución.

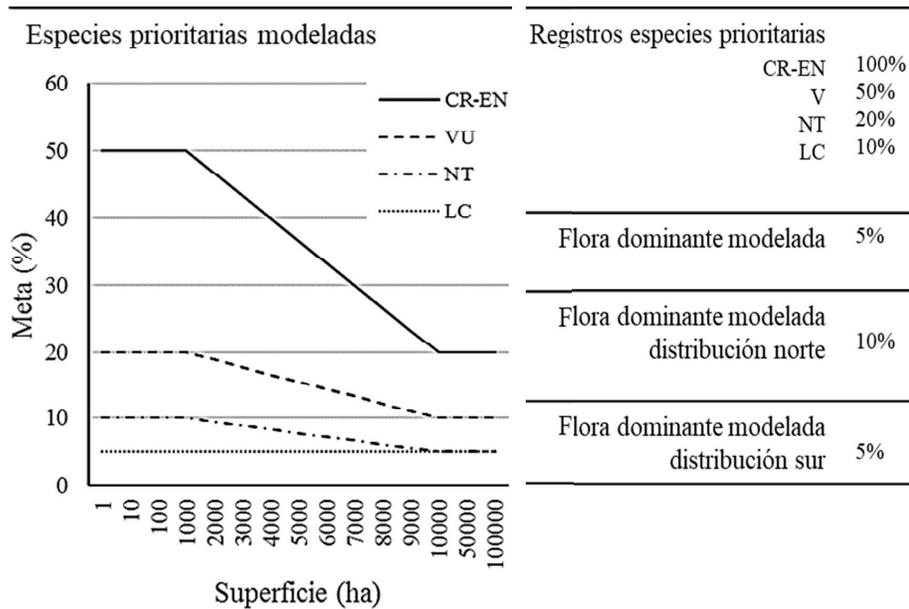


Figura 3. Metas para los objetos de conservación. Para especies prioritarias modeladas la meta se asignó en función de número de celdas ocupadas y la categoría de conservación. Para los registros de especies prioritarias, la meta dependió exclusivamente de su categoría de conservación. Las metas para la flora dominante modelada y sus poblaciones marginales seleccionadas fueron fijas en cada caso.

Para los puntos de ocurrencia de especies En Peligro Crítico (CR) y En Peligro (EN), se consideró representar el área del 100% de las PUs como registros, para especies Vulnerables (VU) el 50%, para casi amenazadas (NT) el 20% y para preocupación menor (LC) el 10%. En el caso de las distribuciones potenciales de especies prioritarias se asignó un 50% de meta para especies CR y EN que ocuparan menos de 1.000 PUs y un 20% cuando la distribución fue mayor que 10.000 PUs. Para el rango entre 1.000 y 10.000 PUs de distribución modelada, se les asignó un porcentaje de meta de conservación en base a una interpolación lineal. Para especies VU, los rangos de tamaño fueron los mismos que para CR y EN, pero se asignó porcentajes de entre 20% y 10%. Para NT fueron entre 10% y 5% mientras que para las LC fue siempre 5% independiente del tamaño de su rango. Para la flora dominante modelada la meta fue de un 10%. En el caso de las poblaciones marginales se utilizó un 10% para las septentrionales y un 5% para

las meridionales, considerando que la mayoría de las especies abordadas presenta distribución modelada cuyos límites septentrionales tienen menos superficie en un mismo intervalo latitudinal, respecto de las meridionales (Fig. 3).

Además de la distribución de los objetos de conservación, se definió una variable que estima el costo económico de implementar y mantener cada PU como protegida (Tabla 1). Este valor permite, además, comparar el costo de las distintas propuestas de sistemas de reservas. El costo de conservación se

Tabla 1. Costos anuales (miles de \$/ha/año) de realizar actividades de restauración o mantención de la vegetación nativa original desde el uso actual a un uso de vegetación nativa compatible con la viabilidad de las especies utilizadas en esta planificación. El valor incluye la renta anual aproximada que deja de percibir el propietario al realizar el reemplazo.

| Tipo de uso de suelo del proyecto catastro de bosque nativo presentes dentro de los límites de esta planificación | Costo (M\$/ha/año) |
|---|--------------------|
| Bosque nativo*, Derrumbes sin vegetación, Renoval*, Matorral*, Estepa andina central, Marismas herbáceas, Ñadis herbáceos y arbustivos, Otros terrenos húmedos, Suculentas, Turbales, Vegas, Vegetación herbácea de orilla. | 1 |
| Bosque nativo con exóticas asilvestradas, Bosque nativo plantación, Bosque exóticas asilvestradas. | 10 |
| Plantación de arbustos, Plantación exóticas asilvestradas, Afloramientos rocosos, Cajas de río, Playas y dunas, Ríos, Otros terrenos sin vegetación*. | 100 |
| Plantación. | 200 |
| Praderas, Praderas anuales, Praderas perennes, Rotación cultivo pradera. | 500 |
| Terrenos de uso agrícola. | 600 |
| Minería industrial. | 2.400 |
| Ciudades, pueblos, zonas industriales. | 5.000 |

* Categoría que agrupa a más de un tipo de uso del suelo del catastro.

elaboró en base dos componentes. El primero es el costo de cambiar el uso actual del suelo a uno de vegetación nativa, este puede entenderse como el costo de restaurar o rehabilitar. Fue calculado en base a asignar un costo anual para cada tipo de uso de suelo definido en el Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF, 2011). A cada uso del suelo se le asignaron valores generales en miles de pesos chilenos (M\$) por hectárea por año considerando el valor de la renta anual aproximada que deja de percibir el propietario al realizar el reemplazo o mantener el uso en su estado actual si no existiera reemplazo (Tabla 1). El segundo componente es el costo de mantener la vegetación nativa en el lugar, lo cual está directamente asociado a las amenazas, para ello se utilizó un índice que brinda una aproximación para este costo, consistente en el índice de huella antrópica (HFP) para el año 2009 de Venter *et al.*, (2016). Mientras más alta es la huella antrópica, es más alto el costo de mantener y restaurar la vegetación nativa local. Para ello, se utilizó el valor del índice HFP al cuadrado como estimador de costo en M\$ por hectárea por año. De esta forma se cuenta con un valor aproximado de costo anual que significa incorporar y luego mantener una unidad de planificación como parte de un sistema de áreas protegidas (Fig. 4).

26.4 Evaluación de iniciativas de conservación en la Cordillera de la Costa y soluciones óptimas de PSC

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE) con 107.126 ha cubre el 1,5% del área de estudio. Además, existen algunas iniciativas que, con o sin el objetivo explícito de conservación, complementan el bajo grado de protección del SNASPE en el área de estudio. Los Santuarios de la Naturaleza, agregarían 13.849 ha al SNASPE si ofrecieran protección adecuada. Además, existe un conjunto de iniciativas privadas de conservación de 239.911 ha (Valenzuela y Moya, 2016), que de ser mantenidas en buen estado amplían el SNASPE en el área de estudio a un 4,8%. Los sitios prioritarios en versión de 2014, con una superficie de 948.430 ha (MMA, 2014a), de ser implementados y agregados al SNASPE, lograrían un 15% de protección de la Cordillera de la Costa de Chile. Si se suman todas las iniciativas ya mencionadas, incluyendo los sitios prioritarios

originales de CONAMA (1.437.507 ha) y los Inmuebles fiscales destinados a la conservación (1.597 ha) se llega a 1.660.841 ha, con un 23% de la superficie de la Cordillera de la Costa de Chile con algún grado de protección (Tabla 2, Fig. 1).

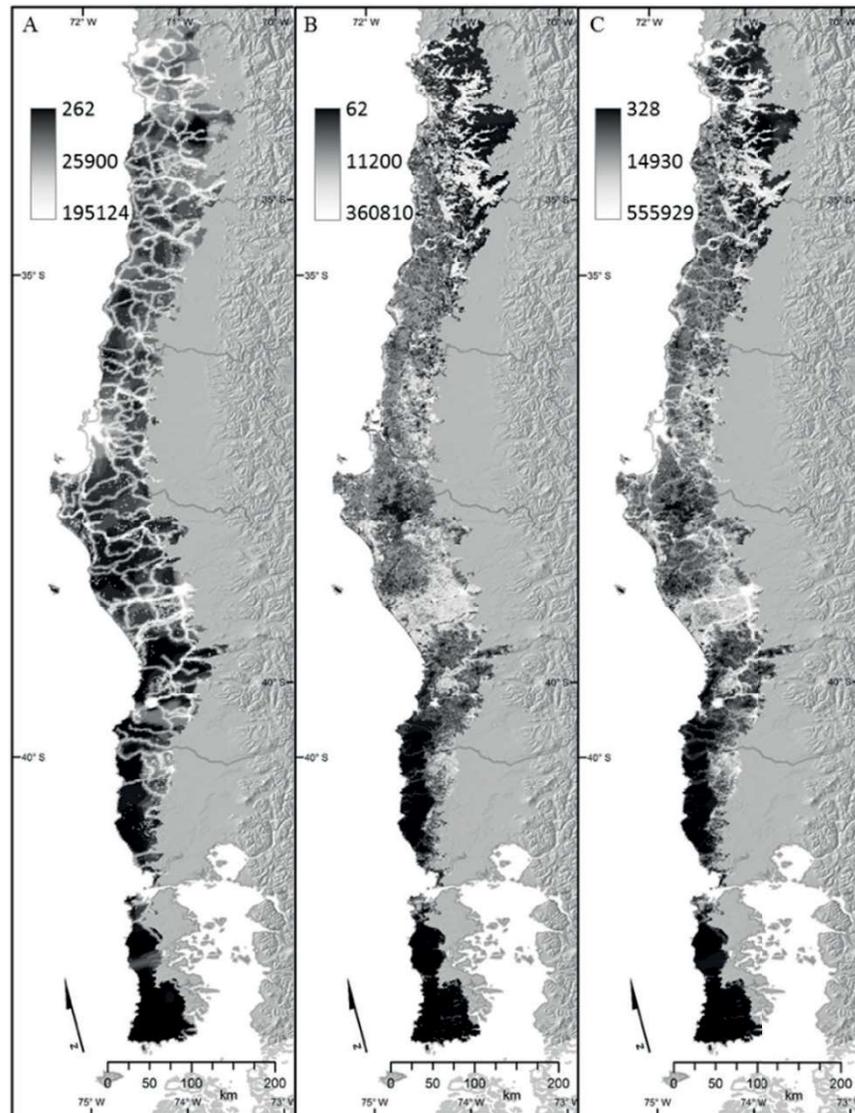


Figura 4. Costos (M\$/ha/año) de: (A) mantener un área protegida en base a Human Footprint Index para el área de estudio, (B) transformar el uso actual según Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF 2011) en vegetación natural, (C) implementar una reserva en cada unidad de planificación, esta es la variable que se intenta minimizar sujeto a cumplir con todas las metas de representación.

Mediante PSC se generaron grupos de combinaciones de sitios que cumplen con las metas de conservación a un mínimo costo incluyendo a SNASPE. Se utilizó el programa Marxan 2.4.3 (Ardrón *et al.*, 2008) que permite encontrar soluciones cercanas al óptimo, vale decir, que selecciona un conjunto de PUs que permitan cumplir con todas las metas de conservación a costo mínimo. Se seleccionó el grado de agrupación del conjunto de reservas mediante el parámetro BLM (*boundary length modifier*) con valores desde 0 hasta de 4,55. Este último valor agrupó los conjuntos de reservas sin aumentar en promedio más de un 10% el costo del cambio de uso del suelo y mantención del sistema de reservas. Además, se usó un parámetro que agrega un costo adicional por no cumplimiento de cada meta, llamado SPF (*species penalty factor*), con el método sugerido en Ardrón *et al.*, (2008). Es decir, un SPF con un valor 2 aseguró cumplir con la meta de conservación para más del 90% de los objetos de conservación. Luego se aumentó el SPF para los elementos que no cumplieron su meta hasta un valor de 10 asegurando que todos la cumplieran. Como técnica de optimización se usó “simulated annealing” adaptativo con 10^8 iteraciones y 10^4 disminuciones de “temperatura”. En base a varios miles de soluciones óptimas generadas, se seleccionaron tres conjuntos de soluciones de forma de comparar su desempeño y servir de base para la propuesta de sitios prioritarios (Ardrón *et al.*, 2008) (Tabla 2).

De los 358 objetos de conservación considerados, SNASPE (107.126 ha) consiguió adecuadamente las metas para 55 objetos (15% del total). Si al SNASPE se le incorporara una superficie de 703.054 ha de manera óptima (BESTB0) sería posible conseguir todas las metas definidas lo cual representaría un 11% de la superficie y con un aumento de costo de más de diez veces respecto al valor de costo actual del SNASPE. El valor para el SNASPE está calculado en base a la superficie de costo utilizado en este ejercicio que considera tanto la restauración como la protección de la superficie (8.1×10^9 a 86×10^9 \$/año). No considera el costo real de administración, para efectos de comparación con las otras soluciones (Tabla 1, Fig. 5). De los otros escenarios no planificados de manera sistemática destaca el desempeño de ICP2013 (SNASPE + Iniciativas de Conservación Privadas) con una superficie relativamente pequeña incorporada al SNASPE (239.790 ha) logra conseguir las metas para un 39% de los objetos de conservación.

Tabla 2. Comparación de los distintos escenarios de conservación evaluados en términos del número de elementos de la biodiversidad que cumplen su meta, costo estimado y superficie. En paréntesis se indica el porcentaje respecto al total. Todos los escenarios incluyen Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) al que se agrega: Santuarios de la Naturaleza (SANTN), Iniciativas de conservación privadas al año 2013 (ICP2013), Sitios prioritarios del Ministerio de Medio Ambiente (SPMMA), todas las iniciativas anteriores más Sitios prioritarios de CONAMA e Inmuebles fiscales destinados a la conservación (TODAS), Mejor solución de Marxan con BLM=0 (BESTB0), Selección de unidades de planificación que aparecen en más del 75% de las soluciones óptimas con BLM=0 (SS75B0), Unidades de planificación que aparecen en más del 25% de las soluciones óptimas con BLM4,55 (SS25B4.6) y 28 sitios prioritarios propuestos en el presente trabajo (*que incluyen el SNASPE).

| Tipo de elemento | N total | Escenario de conservación | | | | | | | | | |
|--|---------|---------------------------|----------------|--------------|--------------|---------------|----------------|------------------|-------------------------|--|--|
| | | SNASPE SANTN | SNASPE ICP2013 | SNASPE SPMMA | SNASPE TODAS | SNASPE BESTB0 | SNASPE SSN75B0 | SNASPE SSN25B4.6 | 28 Sitios Prioritarios* | | |
| Ocurrencia de especies prioritarias | 156 | 31 (20) | 52 (33) | 75 (48) | 95 (61) | 156 (100) | 145 (93) | 156 (100) | 89 (57) | | |
| Especies prioritarias modeladas | 131 | 13 (10) | 55 (42) | 89 (68) | 108 (82) | 131 (100) | 94 (72) | 129 (98) | 113 (86) | | |
| Especies dominantes modeladas | 33 | 10 (30) | 23 (70) | 30 (91) | 33 (100) | 33 (100) | 33 (100) | 33 (100) | 32 (97) | | |
| Límites de distribución norte de especies dominantes modeladas | 27 | 0 (0) | 6 (22) | 10 (37) | 16 (59) | 27 (100) | 12 (44) | 27 (100) | 24 (82) | | |
| Límites de distribución sur de especies dominantes modeladas | 11 | 1 (9) | 2 (18) | 2 (18) | 5 (45) | 11 (100) | 10 (91) | 11 (100) | 9 (82) | | |
| Total de elementos de biodiversidad | 358 | 55 (15) | 138 (39) | 206 (58) | 254 (71) | 358 (100) | 294 (82) | 356 (99) | 267 (75) | | |
| Costo anual estimado (\$x10 ⁹) | 2597 | 8 (0,3) | 26 (1,0) | 161 (6,2) | 296 (11,4) | 86 (3,3) | 53 (2,0) | 108 (4,2) | 89 (3,4) | | |
| Superficie (Mkm ²) | 71,6 | 1,1 (1,5) | 1,2 (1,7) | 3,5 (4,8) | 10,6 (14,7) | 8,1 (11,3) | 5,7 (7,9) | 9,9 (13,8) | 6,7 (9,4) | | |

Es importante señalar que los escenarios no planificados de manera sistemática presentan un aporte heterogéneo de sus distintos sitios, con algunos contribuyendo de manera importante a la meta y otros solo escasamente, análisis cuya presentación excede los objetivos y alcances de este capítulo. Dado que los cientos de soluciones óptimas obtenidas son espacialmente diferentes, se identificó aquellas PUs que consistentemente aparecen en las soluciones óptimas, lo cual permite orientar esfuerzos de conservación (Fig. 5). La primera solución es una sin agrupamiento (BLM=0) donde se seleccionaron aquellas PUs que aparecieron en 75% o más de las soluciones (SS75B0). SS75B0 protege el 7,9% de la superficie y cumple la meta para el 82% de los objetos de conservación. La segunda solución es una con un máximo nivel de agrupación (BLM4.55) y seleccionando aquellas PUs que aparecieron en 25% o más de las soluciones (SS25B4.6). SS25B4.6 incorpora una superficie de 883.292 ha al SNASPE, llega a proteger el 14% del área de estudio y posee cumplimiento de las metas para el 99% de los elementos (*Blechnum corralense* con 92% de cumplimiento de la meta y *Cheilanthes glauca* con 91% de cumplimiento) (Fig. 5). Esta solución agrupada (SS25B4.6) permite identificar áreas que tienen algún grado de prioridad para conseguir las metas de conservación, pero no necesariamente indican que dichas áreas deban ser una reserva estricta, más bien señalan que en esa localidad es necesario realizar esfuerzos de identificación y luego medidas de conservación a nivel de paisaje, considerando el control de las amenazas específicas para los objetos de conservación por las cuales fueron seleccionadas.

26.5 Propuesta de sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en la Cordillera de la Costa

Se seleccionaron 28 sitios de mayor prioridad para concentrar esfuerzos de conservación en el corto plazo (Fig. 6, Tabla 2). La priorización utilizó los núcleos de la solución SS25B4.6 (Fig. 5.C) en base su relevancia en la solución óptima y su grado de amenaza (proxy del esfuerzo de control de amenazas en base a promedio del índice de huella antrópica para cada núcleo). Para ello se transformó la frecuencia media de selección y la media del índice de huella antrópica (HFP) de cada PU en sus respectivos percentiles y luego se los sumó. Sitios con valor superior a 100

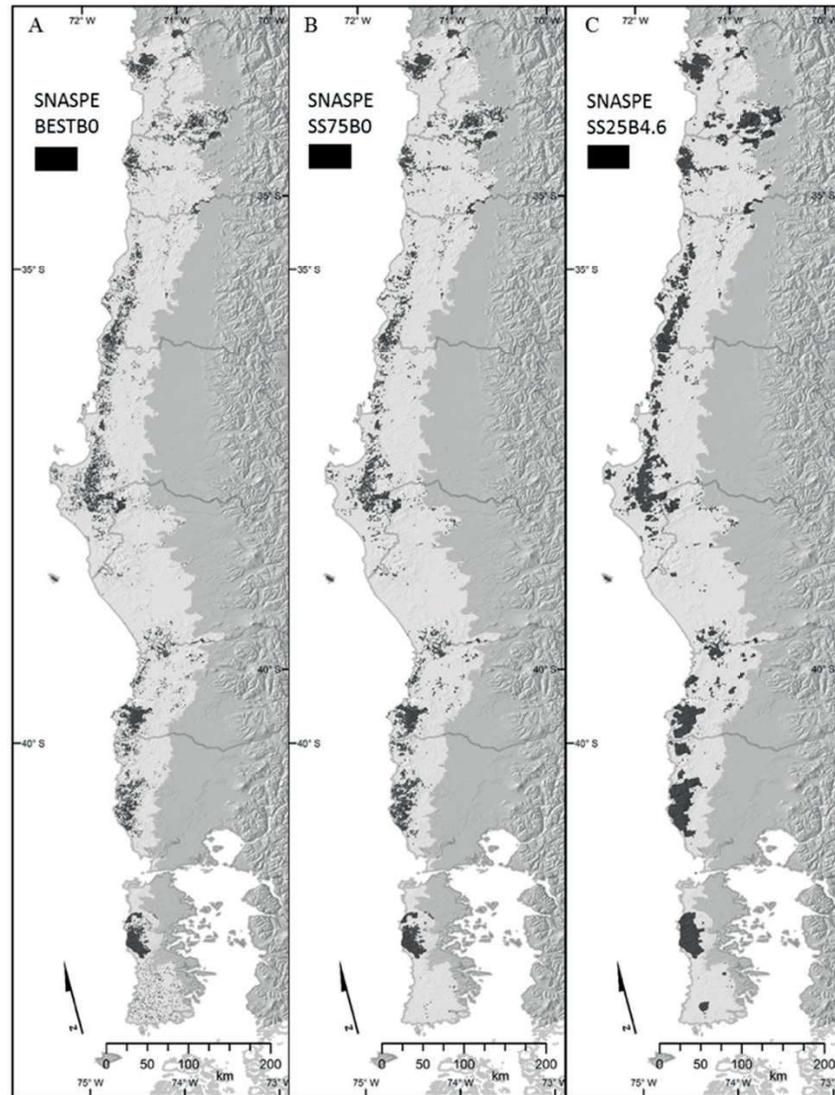


Figura 5. (A) Solución de menor costo incluyendo SNASPE y sin grado de agrupación (BESTB0), (B) zonas seleccionadas en 75% o más de las soluciones óptimas sin grado de agrupación (SS75B0) y (C) zonas seleccionadas en 25% o más de las soluciones óptimas con grado máximo de agrupación (BLM=4,55) (SS25B4.6).

fueron considerados prioritarios ya que poseen una combinación de frecuencia de selección y/o un índice de huella antrópica altos. El HPF asignado a los sitios mostró que no existían sitios prioritarios al sur de 40°16'S (río Bueno) por el menor impacto antrópico de ahí al sur en comparación con el norte de esta área.

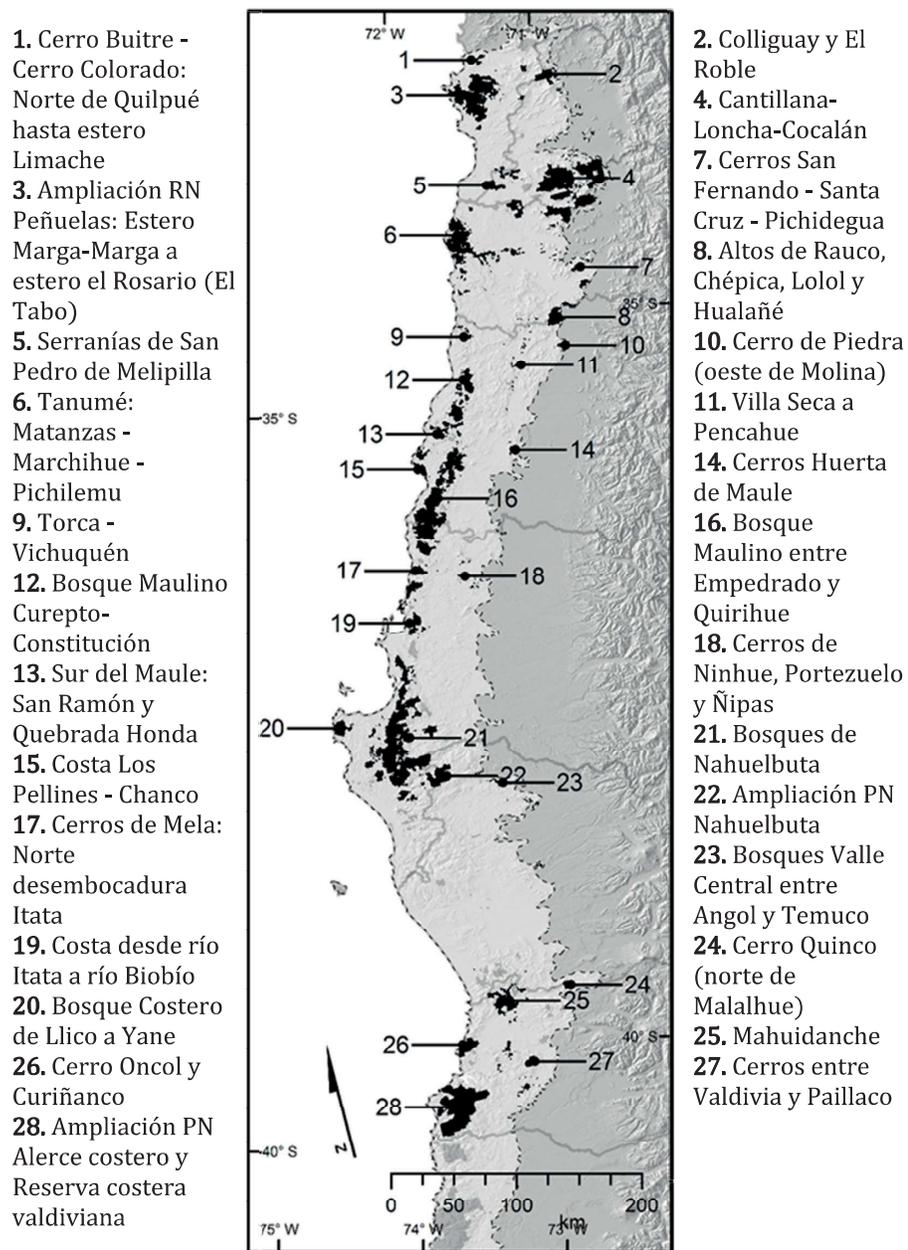


Figura 6. Propuesta de sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad de la Cordillera de la Costa de Chile utilizando planificación sistemática de la conservación.

Finalmente, como la importancia de los sitios está dada por la frecuencia con que aparecen en las soluciones óptimas, se seleccionó aquellos con un valor mayor o igual a 50 en la frecuencia de selección media de las soluciones sin agrupación (BLM0). De esta forma se aseguró que los sitios seleccionados no obedezcan solo al grado de agrupación utilizado.

Estos 28 sitios no pretenden ser un nuevo conjunto estático de sitios prioritarios, intentan más bien ser un complemento dinámico para orientar decisiones de conservación, para un conjunto amplio y explícito de elementos de la biodiversidad, usando la información disponible más reciente. Con 566.893 ha adicionadas al SNASPE, los 28 sitios ocupan el 9,4% del área y son capaces de cumplir con el 75% de las metas de conservación, agregando 10 veces el costo estimado del actual SNASPE. Si bien los sitios se seleccionaron con la intención de dar una mayor conectividad interna utilizando el factor BLM, resta evaluar la conectividad necesaria entre ellos en base a identificar especies que no pueden desarrollar adecuadamente su ciclo de vida con la conectividad intra-sitio y luego aplicando métodos para proponer corredores como el descrito por Mc Rae *et al.*, (2008). Al generalizar las soluciones óptimas, agrupándolas en sitios prioritarios, hay un conjunto de metas que no logran cumplirse (e.g. 25 elementos no alcanzan a cumplir el 50% de su meta en superficie). Es importante señalar que en PSC, los sitios de la solución dependen directamente de elementos dinámicos como la distribución espacial de los elementos seleccionados, sus metas, superficie de costo utilizada o la eventual incorporación de nuevas áreas protegidas, por lo tanto, es muy deseable su actualización permanente.

26.6 Aporte y desafíos de la planificación sistemática de la conservación para la gestión integrada del territorio

Las iniciativas de conservación para complementar la baja representación de la biodiversidad de las 17 unidades del SNASPE en la Cordillera de la Costa no obedecen a criterios sistemáticos de selección. Estas selecciones han obedecido a criterios que ponderan la oportunidad o factibilidad de implementación o el conocimiento experto no sistematizado. De las 305 áreas consideradas (13 SANTN, 148 ICP2013, 22 SPMMA 135 Otros) solo

27 poseen al menos la mitad de su superficie coincidente con la solución BESTB0. Esto quiere decir que, incluso considerando el número limitado de elementos de este ejercicio (358), hay 278 áreas que presentan menos de la mitad de su superficie en zonas que aparecen como prioritarias para representar dichos elementos de la biodiversidad. De las 27 áreas, solo 12 poseen más de 100 ha de estas, cuatro son Áreas de Alto Valor de Conservación de empresas forestales con certificación ambiental, dos son áreas protegidas privadas, una es un Santuario de la Naturaleza y el resto son Sitios Prioritarios de CONAMA y del Ministerio de Medio Ambiente (SPMMA).

Concluimos que la conservación de un 10% de la superficie de la Cordillera de la Costa lograría un cambio significativo en la representación de la diversidad de especies y elementos asociados. Esta cifra está por bajo el 17% comprometido para el 2020 (<https://biodiversidad.mma.gob.cl>). La implementación de las áreas seleccionadas mediante PSC requiere un compromiso permanente con: 1) intensificar prospecciones de especies; 2) mejorar los actuales modelos de distribución potencial de especies; 3) incorporar nuevos objetos de conservación, incluyendo más especies, asociaciones de especies, elementos funcionales y parámetros indicativos de servicios ecosistémicos, entre otros; 4) incorporar la dinámica temporal de los objetos de conservación y el efecto del cambio climático y la conectividad de los sistemas de reservas de manera explícita; 5) mejorar las coberturas de estimación de costo de implementar y mantener sistemas de reservas, así como la proyección de amenazas en el territorio y 6) promover la participación de actores a distintas escalas. PSC requiere avanzar hacia la generación de soluciones que no estén restringidas a un resultado binario (reserva/no reserva), sino que incluyan la multiplicidad de usos del territorio. Uno de los principales desafíos de Chile es contar con un ordenamiento territorial que permita compatibilizar usos productivos con la conservación de la biodiversidad. La implementación de PSC, con métodos que proporcionan soluciones transparentes, eficientes y flexibles, en un paisaje dinámico que provee múltiples servicios ecosistémicos, es una base para avanzar hacia una adecuada gestión del territorio.

Agradecimientos

Al Dr. Goetz Palfner por las localidades de hongos, al Herbario CONC (Universidad de Concepción) por las localidades de plantas, a Alfonso Jara por localidades de *Aegla* sp. y *Diplomystes*, a dos revisores anónimos y a aquellos que han generado información pública que ha hecho posible el presente análisis.

Las referencias se encuentran al final del libro.

Anexo 1. Taxa considerados en PSC. Se indica en paréntesis, primero el número de unidades de planificación (PU) en que está presente, luego la meta asignada en % aproximando al entero mayor de PUs y finalmente la categoría de conservación en el caso de especies clasificadas según RCE-MMA (2017). (*) flora endémica ≤ 2 localidades.

Flora En Peligro Crítico (CR) y En Peligro (EN) con registros (24)

Adesmia bijuga (3, 100, CR), *Adesmia resinosa* (5, 100, EN), *Alstroemeria pulchra* subsp. *lavandulacea* (2, 100, EN), *Avellanita bustillosii* (10, 100, EN), *Beilschmiedia berteriana* (5, 100, EN), *Berberidopsis corallina* (195, 100, EN), *Berberis negeriana* (20, 100, EN), *Bipinnula gabriel** (1, 100, CR), *Bipinnula volkmannii* (1, 100, EN), *Chloraea cuneata* (10, 100, CR), *Chloraea disoides* (3, 100, CR), *Chloraea heteroglossa* (5, 100, CR), *Chloraea homopetala** (2, 100, CR), *Chloraea prodigiosa* (2, 100, EN), *Chloraea volkmanni* (3, 100, CR), *Eriosyce aspillagae* (8, 100, EN), *Fitzroya cupressoides* (1727, 100, EN), *Gaultheria renjifoana* (22, 100, CR), *Gomortega keule* (148, 100, EN), *Isoetes araucaniana* (13, 100, EN), *Myrceugenia colchaguensis* (5, 100, EN), *Nothofagus alessandrii* (97, 100, EN), *Pitavia punctata* (344, 100, EN), *Scutellaria valdiviana* (3, 100, EN).

Especies de flora Vulnerable (VU) con registros (20)

Adiantum gertrudis (11, 55, VU), *Alstroemeria presliana* subsp. *australis* (8, 50, VU), *Araucaria araucana* (257, 50, VU), *Asplenium trilobum* (33, 52, VU), *Beilschmiedia miersii* (15, 53, VU), *Blechnum corralense* (9, 56, VU), *Chloraea cristata* (7, 57, VU), *Citronella mucronata* (780, 20, VU), *Dasyphyllum excelsum* (38, 50, VU), *Dennstaedtia glauca* (4, 50, VU), *Dioscorea longipes* (1, 100, VU), *Haplopappus taeda* (5, 60, VU), *Hymenophyllum umbratile* (4, 50, VU), *Jubaea chilensis* (213, 50, VU), *Lobelia bridgesii* (9, 56, VU), *Porlieria chilensis* (4, 50, VU), *Prumnopitys andina* (4, 50, VU), *Ribes integrifolium* (32, 50, VU), *Trichomanes exsectum* (6, 50, VU), *Valdivia gayana* (14, 50, VU).

Especies de flora Casi Amenazada (NT) con registros (12)

Austrocedrus chilensis (10, 20, NT), *Blechnum asperum* (9, 22, NT), *Clinopodium multiflorum* (53, 21, NT), *Corynabutilon ochsenii* (10, 20, NT), *Elaphoglossum gayanum* (3, 33, NT), *Gavilea cardioglossa* (2, 50, NT), *Nothofagus glauca* (1635, 20, NT), *Ophioglossum crotalophoroides* (5, 20, NT), *Ophioglossum lusitanicum* (1, 100, NT), *Polystichum subintegerrimum* (8, 25, NT), *Sticherus litoralis* (5, 20, NT), *Trichocereus chiloensis* (12, 25, NT).

Especies de flora Preocupación Menor (LC) con registros (59)

Adiantum chilense (105, 10, LC), *Adiantum excisum* (28, 11, LC), *Adiantum scabrum* (36, 11, LC), *Adiantum sulphureum* (47, 11, LC), *Asplenium dareoides* (39, 10, LC), *Asplenium obtusatum* var. *sphenoides* (21, 14, LC), *Blechnum arcuatum* (3, 33, LC), *Blechnum blechnoides* (18, 11, LC), *Blechnum chilense* (59, 10, LC), *Blechnum hastatum* (135, 10, LC), *Cheilanthes glauca* (9, 11, LC), *Cheilanthes hypoleuca* (21, 14, LC), *Cheilanthes mollis* (2, 50, LC), *Cystopteris fragilis* var. *apiiformis* (14, 14, LC), *Equisetum giganteum* (7, 14, LC), *Eriosyce curvispina* (10, 10, LC), *Grammitis magellanica* (9, 11, LC), *Hymenoglossum cruentum* (21, 14, LC), *Hymenophyllum caudiculatum* (33, 12, LC), *Hymenophyllum cuneatum* (8, 13, LC), *Hymenophyllum darwinii* (4, 25, LC), *Hymenophyllum dentatum* (21, 14, LC), *Hymenophyllum dicranotrichum* (17, 12, LC), *Hymenophyllum falklandicum* (2, 50, LC), *Hymenophyllum ferrugineum* (9, 11, LC), *Hymenophyllum fuciforme* (10, 10, LC), *Hymenophyllum krauseanum* (21, 14, LC), *Hymenophyllum pectinatum* (19, 11, LC), *Hymenophyllum peltatum* (18, 11, LC), *Hymenophyllum plicatum* (27, 11, LC), *Hymenophyllum secundum* (5, 20, LC), *Hymenophyllum seselifolium* (11, 18, LC), *Hymenophyllum tortuosum* (8, 13, LC), *Hymenophyllum tunbridgense* (9, 11, LC), *Hypolepis poeppigii* (46, 11, LC), *Isoetes savatieri* (1, 100, LC), *Lepidothamnus fonkii* (6, 17, LC), *Libertia tricoeca* (44, 11, LC), *Lophosoria quadripinnata* (34, 12, LC), *Lycopodium alboffii* (1, 100, LC), *Lycopodium confertum* (1, 100, LC), *Lycopodium gayanum* (13, 15, LC), *Lycopodium magellanicum* (14, 14, LC), *Lycopodium paniculatum* (27, 11, LC), *Megalastrum spectabile* (36, 11, LC), *Myrceugenia correaefolia* (10, 10, LC), *Myrceugenia leptospermoides* (30, 10, LC), *Myrceugenia pinifolia* (75, 11, LC), *Neopteris subgibbosa* (13, 15, LC), *Pellaea ternifolia* (2, 50, LC), *Pleopeltis macrocarpa* (6, 17, LC), *Pteris chilensis* (19, 11, LC), *Pteris semiadnata* (10, 10, LC), *Rumohra adiantiformis* (16, 13, LC), *Schizaea fistulosa* (7, 14, LC), *Serpyllopsis caespitosa* (13, 15, LC), *Sticherus quadripartitus* (13, 15, LC), *Sticherus squamulosus* (54, 11, LC), *Traubia modesta* (2, 50, LC).

Especies de hongos con registros considerados (20)

Amanita gayana (10, 20, NT), *Amanita merxmuelleri* (8, 13, LC), *Anthracoephyllum discolor* (17, 12, LC), *Austrobasidium pehueldeni* (3, 33, LC), *Boletus loyo* (13, 100, EN), *Bondarzewia guaitecasensis* (5, 20, LC), *Clitocybula dusenii* (9, 11, LC), *Cortinarius magellanicus* (10, 10, LC), *Cyttaria berteroi* (13, 15, LC), *Dermocybe nahuelbutensis* (8, 25, NT), *Descolea antarctica* (15, 13, LC), *Entoloma necopinatum* (2, 50, VU), *Gastroboletus valdivianus* (3, 100, EN), *Hygrocybe striatella* (4, 50, VU), *Lepiota trongolei* (5, 20, NT), *Mycena subulifera* (6, 33, NT), *Porpoloma sejunctum* (3, 33, LC), *Russula austrodelica* (3, 67, VU), *Russula fuegiana* (7, 14, LC), *Thaxterogaster albocanus* (2, 50, NT).

Especies de fauna con registros considerados (21)

Aegla bahamondei (3, 100, EN), *Aegla hueicollensis* (5, 60, VU), *Aegla rostrata* (4, 50, VU), *Aegla concepcionensis* (4, 100, EN), *Aegla abtao* (4, 50, VU), *Alsodes norae* (1, 100, CR), *Alsodes valdiviensis* (1, 100, EN), *Alsodes vanzolinii* (33, 100, EN), *Diplomystes chilensis* (5, 100, EN), *Diplomystes campoensis* (8, 100, CR), *Diplomystes nahuelbutensis* (9, 100, EN), *Diplomystes incognitus* (19, 100, CR), *Eupsophus contulmoensis* (4, 100, EN), *Eupsophus migueli* (2, 100, EN), *Eupsophus nahuelbutensis* (34, 100, EN), *Eupsophus roseus* (10, 50, VU), *Eupsophus septentrionalis* (6, 100, EN), *Lycalopex fulvipes* (26, 100, EN), *Pristidactylus torquatus* (10, 50, VU), *Rhinoderma darwinii* (29, 100, EN), *Telmatobufo bullocki* (9, 56, VU).

Especies de flora En Peligro Crítico (CR) y En Peligro (EN) modeladas (20)

Adesmia bijuga (138, 50, CR), *Adesmia resinosa* (259, 50, EN), *Avellanita bustillosii* (260, 50, EN), *Beilschmiedia berteroaana* (731, 50, EN), *Berberidopsis corallina* (9205, 23, EN), *Berberis negeriana* (2510, 45, EN), *Bipinnula volkmannii* (39, 51, EN), *Chloraea cuneata* (354, 50, CR), *Chloraea disoides* (1455, 49, CR), *Chloraea heteroglossa* (1006, 50, CR), *Chloraea prodigiosa* (1213, 49, EN), *Chloraea volkmanni* (86, 50, CR), *Eriosyce aspillagae* (341, 50, EN), *Fitzroya cupressoides* (7895, 27, EN), *Gaultheria renjifoana* (608, 50, CR), *Gomortega keule* (3460, 42, EN), *Isoetes araucaniana* (744, 50, EN), *Myrceugenia colchaguensis* (2784, 44, EN), *Nothofagus alessandrii* (1033, 50, EN), *Pitavia punctata* (5532, 35, EN).

Especies de flora Vulnerable (VU) modeladas (19)

Adiantum gertrudis (7080, 13, VU), *Alstroemeria presliana* subsp. *australis* (1109, 20, VU), *Araucaria araucana* (1624, 19, VU), *Asplenium trilobum* (42665, 10, VU), *Beilschmiedia miersii* (3789, 17, VU), *Blechnum corralense* (13432, 10, VU), *Chloraea cristata* (1589, 19, VU), *Citronellamucronata* (30564, 10*, VU), *Dasyphyllum excelsum* (3542, 17, VU), *Dennstaedtia glauca* (4546, 16, VU), *Haplopappus taeda* (860, 20, VU),

Hymenophyllum umbratile (3957, 17, VU), *Jubaea chilensis* (15508, 10, VU), *Lobelia bridgesii* (1100, 20, VU), *Porlieria chilensis* (5186, 15, VU), *Prumnopitys andina* (514, 20, VU), *Ribes integrifolium* (2895, 18, VU), *Trichomanes exsectum* (1000, 20, VU), *Valdivia gayana* (2634, 18, VU).

Especies de flora Casi Amenazada (NT) modeladas (12)

Austrocedrus chilensis (5716, 7, NT), *Blechnum asperum* (5018, 8, NT), *Clinopodium multiflorum* (32894, 5, NT), *Corynabutilon ochsenii* (7448, 6, NT), *Elaphoglossum gayanum* (2979, 9, NT), *Gavilea cardioglossa* (4436, 8, NT), *Nothofagus glauca* (12113, 5, NT), *Ophioglossum crotalophoroides* (57620, 5, NT), *Ophioglossum lusitanicum* (5561, 7, NT), *Polystichum subintegerrimum* (43938, 5, NT), *Sticherus litoralis* (19852, 5, NT), *Trichocereus chiloensis* (24953, 5, NT).

Especies de flora Preocupación Menor (LC) modeladas (58)

Adiantum chilense (85263, 5, LC), *Adiantum excisum* (24240, 5, LC), *Adiantum scabrum* (58318, 5, LC), *Adiantum sulphureum* (65339, 5, LC), *Asplenium dareoides* (55882, 5, LC), *Asplenium obtusatum* var. *sphenoides* (16515, 5, LC), *Blechnum arcuatum* (16000, 5, LC), *Blechnum blechnoides* (22105, 5, LC), *Blechnum chilense* (84802, 5, LC), *Blechnum hastatum* (61935, 5, LC), *Cheilanthes glauca* (24756, 5, LC), *Cheilanthes hypoleuca* (60752, 5, LC), *Cheilanthes mollis* (5771, 5, LC), *Cystopteris fragilis* var. *apiiformis* (23874, 5, LC), *Equisetum giganteum* (46359, 5, LC), *Eriosyce curvispina* (12384, 5, LC), *Grammitis magellanica* (49202, 5, LC), *Hymenoglossum cruentum* (22479, 5, LC), *Hymenophyllum caudiculatum* (46512, 5, LC), *Hymenophyllum cuneatum* (6239, 5, LC), *Hymenophyllum darwinii* (41634, 5, LC), *Hymenophyllum dentatum* (37778, 5, LC), *Hymenophyllum dicranotrichum* (29249, 5, LC), *Hymenophyllum falklandicum* (25984, 5, LC), *Hymenophyllum ferrugineum* (18433, 5, LC), *Hymenophyllum fuciforme* (41024, 5, LC), *Hymenophyllum krauseanum* (45729, 5, LC), *Hymenophyllum pectinatum* (28615, 5, LC), *Hymenophyllum peltatum* (68116, 5, LC), *Hymenophyllum plicatum* (46891, 5, LC), *Hymenophyllum secundum* (25779, 5, LC), *Hymenophyllum seselifolium* (23965, 5, LC), *Hymenophyllum tortuosum* (5837, 5, LC), *Hymenophyllum tunbridgense* (14956, 5, LC), *Hypolepis poeppigii* (80177, 5, LC), *Lepidothamnus fonkii* (13488, 5, LC), *Libertia tricocca* (40138, 5, LC), *Lophosoria quadripinnata* (57885, 5, LC), *Lycopodium alboffii* (1060, 5, LC), *Lycopodium confertum* (2758, 5, LC), *Lycopodium gayanum* (38318, 5, LC), *Lycopodium magellanicum* (35556, 5, LC), *Lycopodium paniculatum* (41249, 5, LC), *Megalastrum spectabile* (64812, 5, LC), *Myrceugenia correaefolia* (9148, 5, LC), *Myrceugenia leptospermoides* (11928, 5, LC), *Myrceugenia pinifolia* (17905, 5, LC), *Neopteris subgibbosa* (12669, 5, LC), *Pellaea ternifolia* (24886, 5, LC), *Pleopeltis macrocarpa* (18728, 5, LC), *Pteris chilensis* (26387, 5, LC), *Pteris*

semiadnata (14065, 5, LC), *Rumohra adiantiformis* (47914, 5, LC), *Schizaea fistulosa* (10691, 5, LC), *Serpyllopsis caespitosa* (32286, 5, LC), *Sticherus quadripartitus* (32359, 5, LC), *Sticherus squamulosus* (50469, 5, LC), *Traubia modesta* (3569, 5, LC).

Especies de hongos con distribución modelada (5)

Amanita gayana (5917, 7, NT), *Anthracoxyllum discolor* (54351, 5, LC), *Boletus loyo* (34504, 10, VU), *Dermocybe nahuelbutensis* (9095, 6, NT), *Mycena subulifera* (6822, 7, NT).

Especies de fauna con distribución modelada (17)

Aegla bahamondei (43, 51, EN), *Aegla hueicollensis* (201, 20, VU), *Aegla concepcionensis* (70, 50, EN), *Aegla abtao* (169, 20, VU), *Alsodes vanzolinii* (5508, 35, EN), *Diplomystes chilensis* (20, 50, EN), *Diplomystes campoensis* (699, 50, CR), *Diplomystes nahuelbutensis* (1240, 49, EN), *Diplomystes incognitus* (1135, 50, CR), *Eupsophus contulmoensis* (930, 50, EN), *Eupsophus nahuelbutensis* (4525, 38, EN), *Eupsophus roseus* (732, 20, VU), *Eupsophus septentrionalis* (511, 50, EN), *Lycalopex fulvipes* (3492, 42, EN), *Pristidactylus torquatus* (8991, 11, VU), *Rhinoderma darwinii* (28445, 20, EN), *Telmatobufo bullocki* (12461, 10, VU).

Especies de flora dominante modelada (33)

Aextoxicon punctatum (52817, 5), *Azara petiolaris* (6458, 5), *Blepharocalyx cruckshanksii* (44030, 5), *Cryptocarya alba* (53601, 5), *Drimys andina* (1391, 5), *Drimys winteri* (38674, 5), *Eucryphia cordifolia* (29521, 5), *Gevuina avellana* (39635, 5), *Laurelia sempervirens* (42431, 5), *Laureliopsis philippiana* (25208, 5), *Lomatia ferruginea* (50047, 5), *Lomatia hirsuta subsp. obliqua* (34833, 5), *Luma apiculata* (45903, 5), *Maytenus disticha* (1729, 5), *Myrceugenia exsucca* (51181, 5), *Myrceugenia planipes* (37005, 5), *Nothofagus alpina* (13107, 5), *Nothofagus antarctica* (7787, 5), *Nothofagus betuloides* (3946, 5), *Nothofagus dombeyi* (40820, 5), *Nothofagus nitida* (13744, 5), *Nothofagus obliqua* (44763, 5), *Nothofagus pumilio* (766, 5), *Persea lingue* (40999, 5), *Philesia magellanica* (15823, 5), *Pilgerodendron uviferum* (9922, 5), *Podocarpus nubigenus* (15534, 5), *Podocarpus salignus* (29133, 5), *Rhaphithamnus spinosus* (47898, 5), *Saxegothea conspicua* (20121, 5), *Sophora cassioides* (31539, 5), *Tepualia stipularis* (14797, 5), *Weinmannia trichosperma* (21201, 5).

Especies de flora dominante modelada poblaciones límite norte (27)

Blepharocalyx cruckshanksii (2154, 10), *Drimys andina* (225, 10), *Drimys winteri* (9, 10), *Eucryphia cordifolia* (514, 10), *Gevuina avellana* (2412, 10), *Laurelia sempervirens* (1, 10), *Laureliopsis philippiana* (1, 10), *Lomatia ferruginea* (4788, 10), *Lomatia hirsuta subsp. obliqua* (2, 10),

Luma apiculata (9, 10), *Myrceugenia exsucca* (129, 10), *Myrceugenia planipes* (3502, 10), *Nothofagus alpina* (11, 10), *Nothofagus antarctica* (77, 10), *Nothofagus betuloides* (2935, 10), *Nothofagus dombeyi* (15, 10), *Nothofagus nitida* (3944, 10), *Nothofagus obliqua* (96, 10), *Persea lingue* (9, 10), *Philesia magellanica* (2228, 10), *Pilgerodendron uviferum* (1726, 10), *Podocarpus nubigenus* (1180, 10), *Podocarpus salignus* (1095, 10), *Saxegothaea conspicua* (31, 10), *Sophora cassioides* (1823, 10), *Tepualia stipularis* (6, 10), *Weinmannia trichosperma* (7, 10).

Especies de flora dominante modelada poblaciones límite sur (11)
Aextoxicon punctatum (2718, 5), *Blepharocalyx cruckshanksii* (189, 5), *Cryptocarya alba* (726, 5), *Eucryphia cordifolia* (1648, 5), *Gevuina avellana* (128, 5), *Laurelia sempervirens* (471, 5), *Lomatia hirsuta subsp. obliqua* (248, 5), *Myrceugenia exsucca* (1108, 5), *Nothofagus obliqua* (1476, 5), *Persea lingue* (204, 5), *Podocarpus salignus* (2568, 5).