



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregrado
Carrera de Geografía

PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y REPRESENTATIVIDAD DE LAS
ESPECIES ARBÓREAS PRESENTES EN LOS TERRITORIOS DE CHILE Y
ARGENTINA

Memoria para optar al título de Geógrafo

DIEGO IGNACIO VERA ARAVENA

Profesor Guía: Pablo Sarricolea Espinoza
Profesor Co-Guía: Patricio Pliscoff Varas

SANTIAGO – CHILE

2016

*“Amante y guardián de la naturaleza, inventor empedernido,
ilusionista con migas de pan, y navegante del mar Etéreo,
a la memoria de José Claudio Vera Gutiérrez, mi tata...”*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecerles a mis profesoras y profesores. Al profesor Patricio Pliscoff, por darme la oportunidad de continuar trabajando con lo que más me ha apasionado en el transcurso de la carrera, a pesar de las adversidades, y al profesor Pablo Sarricolea, por su buena voluntad de acogerme entre sus estudiantes como uno más. Gracias a ambos, por su honestidad, serenidad, paciencia, y por introducirme, mediante un curso que ambos impartieron, a lo que es el mundo de la biogeografía y la climatología. Además, quiero agradecerles: al profesor Francisco de la Barrera, por la confianza dada en el transcurso del curso de Biogeografía, y por su tiempo; y a Misael Cabello y Gino Sandoval, por sus consejos, sabiduría, y su constante ayuda ante cualquier duda geográfica.

En segundo lugar, quiero agradecerles a mis amigos y compañeros. A Paz, Rosita y Claudia, por los años de amistad, estudio, cariño y trabajo, ya que sin ellas el camino recorrido hasta el día de hoy, de ninguna manera hubiese sido el mismo. A Gustavo, Carolina, Félix y Andrea, por el constante apañamiento, por su lealtad, y las risas. A Cristóbal y Sandra, por la inquebrantable preocupación, y por su atinada elección, a comienzos de esta historia, para ser padrino de un inmenso León: y a los compañeros y amigos con los que compartí brevemente en el laboratorio de Geografía Física, por su grata compañía.

En tercer y último lugar, quiero agradecerles a ellos, los más importantes de mi vida, mi familia. A Ninoska e Iván, mis padres, hermosos seres que han sacrificado su vida para que yo esté aquí, escribiendo la última página de mi memoria de título, por la educación y los valores entregados, por su amor, paciencia, dedicación e inteligencia. A Katheryn, mi hermana mayor, por el cariño, por los constantes años de aprendizaje mutuo y por su eterna preocupación, a Chicho, por su amor & odio medido en rasguños, y a Gustavo Cerati, por su música infinita, la inspiración para seguir escribiendo...

Gracias... tötales

RESUMEN

Los extensos registros de presencia de especies arbóreas al exterior del territorio chileno, presentan una oportunidad para desarrollar metodologías que implican el uso de diversas bases de datos extranjeras de registros de especies. En la presente investigación se analizan y modelan los patrones de distribución espacial de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, evaluando el grado de protección (representatividad) de estas en las áreas protegidas del territorio chileno. A partir de la creación de una base de datos actualizada de registros de presencia, en conjunto con un set de variables bioclimáticas, fueron elaborados diversos modelos de distribución de especies, mediante la técnica *Maxent*; que permiten tanto una caracterización descriptiva de la distribución potencial, como la evaluación de la representatividad, de las especies arbóreas consideradas. Los resultados obtenidos permiten establecer una clara diferencia entre modelar con registros en ambos países, es decir, tomando en cuenta el rango total de distribución de las especies, y por lo tanto, reflejando de forma más completa el nicho ecológico de estas, en desmedro de los modelos basados en una división político-administrativa, que restringen la distribución considerablemente. Además, los modelos integrados, presentarían más altos índices de representatividad, ya que consideran zonas limítrofes que los modelos restringidos no alcanzan a incorporar, debido a sus limitaciones. A pesar de esto, se identifican algunas especies arbóreas, la mayoría en categorías de amenaza, por debajo de la meta de conservación, lo que reafirma las deficiencias existentes en el actual sistema de áreas protegidas en Chile.

Palabras claves: registros de presencia – modelos de distribución de especies - *Maxent* – representatividad.

ABSTRACT

The extensive records of tree species occurrence abroad the Chilean territory, present an opportunity to develop methodologies that involves the use of different species records of foreign database. In the present research project are analyzed and modeled the spatial distribution patterns of tree species present in the territories of Chile and Argentina, evaluating the protection degree (representativeness) of these, in the officially protected areas of the Chilean territory. From the creation of an actualized database of the records of tree species occurrence, in conjunction with a set of bioclimatic variables, different species distribution models are elaborated, by *Maxent* technique, which allows both realization of a descriptive characterization of the potential distribution, and the evaluation of the representativeness, of tree species considered. The results allows to establish a clear difference between to model with records in both countries, that is, taking into account the total range of species distribution, and therefore, reflecting more fully the ecological niche of these, in detriment of the models based on a political-administrative division, which restrict the distribution considerably. In addition, integrated models, would present highest indexes of representativeness, because they consider border areas that the restricted models don't reach to incorporate due to their limitations. Despite this, some tree species are identified, most threat categories, below the conservation goal, which reaffirms the deficiencies in the current system of protected areas in Chile.

Key words: occurrence records – species distribution models – *Maxent* – representativeness.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN	9
1.1 INTRODUCCIÓN	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.3 ÁREA DE ESTUDIO.....	14
1.3.1 Características climáticas.....	14
1.3.2 Características biogeográficas y de vegetación.....	16
1.4 OBJETIVOS.....	18
1.4.1 Objetivo General.....	18
1.4.2 Objetivos Específicos	18
1.5 HIPÓTESIS.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1 BIOGEOGRAFÍA Y ECOLOGÍA: LA TEORÍA TRAS LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES	20
2.1.1 Principales características de la ciencia biogeográfica, histórica y ecológica.....	20
2.1.2 Nicho ecológico	21
2.1.3 Nicho fundamental y nicho realizado	23
2.1.4 Conservación de la biodiversidad, biología y biogeografía de la conservación.....	25
2.2 MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES: FUNCIONAMIENTO, EVALUACIÓN Y LIMITACIONES	27
2.2.1 ¿Qué son los modelos de distribución de especies?	27
2.2.2 ¿Cómo modelar la distribución de las especies?	28
2.2.3 Técnicas de modelación.....	30
2.2.4 Evaluación de los modelos de distribución de especies	31
2.2.5 Limitaciones de los modelos de distribución de especies	33
2.3 LA IMPORTANCIA DE LA EVOLUCIÓN CLIMÁTICA Y BIOGEOGRÁFICA EN LA CONFORMACIÓN DE LOS BOSQUES DEL SUR DE SUDAMÉRICA	34
2.3.1 Clima y vegetación pasados del sur de Sudamérica.....	36
2.3.2 Clima y vegetación actual del sur de Sudamérica.....	40
2.3.3 Variabilidad y cambio climático en el estudio de la conservación	43
2.4 REPRESENTATIVIDAD DE LAS ESPECIES, ¿QUÉ TAN CONSERVADAS SE ENCUENTRAN?	44
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	48
3.1 PASOS METODOLÓGICOS PARA LA CREACIÓN DE UNA BASE DE DATOS ACTUALIZADA DE LOS REGISTROS DE PRESENCIAS DE LAS ESPECIES ARBÓREAS PRESENTES EN LOS TERRITORIOS DE CHILE Y ARGENTINA	49
3.1.1 Fuentes de información de los registros de presencias	49
3.1.2 Georreferenciación y espacialización de los registros de presencias	51
3.2 PASOS METODOLÓGICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ESPECIES ARBÓREAS PRESENTES EN LOS TERRITORIOS DE CHILE Y ARGENTINA, MEDIANTE LA TÉCNICA DE MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES	52
3.2.1 Selección de las especies arbóreas y variables bioclimáticas a modelar.....	53
3.2.2 Elección de la técnica, calibración, evaluación y proyección del modelo	55
3.2.3 Caracterización de la distribución potencial de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina.....	58
3.3 PASOS METODOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA REPRESENTATIVIDAD DE LAS ESPECIES ARBÓREAS PRESENTES EN LOS TERRITORIOS DE CHILE Y ARGENTINA, EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS OFICIALES DE CHILE	59
3.3.1 Fuentes de información sobre la localización de las áreas protegidas oficiales de Chile.....	59
3.3.2 Superposición de datos: evaluación de la representatividad y riqueza de especies arbóreas en las áreas protegidas oficiales de Chile.....	59
CAPITULO IV: RESULTADOS	61
4.1 ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS ACTUALIZADA DE LOS REGISTROS DE PRESENCIA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS PRESENTES EN LOS TERRITORIOS DE CHILE Y ARGENTINA.....	61
4.1.1 Registros de presencia de las especies arbóreas en Chile	63
4.1.2 Registros de presencia de las especies arbóreas en Argentina	63

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ESPECIES ARBÓREAS PRESENTES EN LOS TERRITORIOS DE CHILE Y ARGENTINA, MEDIANTE EL USO DE MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES.	64
4.2.1 Selección de las especies arbóreas y las variables bioclimáticas a modelar	64
4.2.2 Evaluación de los modelos de distribución de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina	67
4.2.3 Distribución potencial de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina	67
4.2.3.1 Distribución potencial de <i>Araucaria araucana</i> (Molina) K.Koch, en Chile y Argentina	68
4.2.3.2 Distribución potencial de <i>Austrocedrus chilensis</i> (D. Don) Pic.Serm. & Bizzarri, en Chile y Argentina	71
4.2.3.3 Distribución potencial de <i>Buddleja globosa</i> Hope, en Chile y Argentina.....	73
4.2.3.4 Distribución potencial de <i>Dasyphyllum diacanthoides</i> (Less.) Cabrera, en Chile y Argentina ...	77
4.2.3.5 Distribución potencial de <i>Drimys winteri</i> J.R.Forst. & G.Forst., en Chile y Argentina.....	79
4.2.3.6 Distribución potencial de <i>Embothrium coccineum</i> J.R.Forst. & G.Forst., en Chile y Argentina. 83	
4.2.3.7 Distribución potencial de <i>Fitzroya cupressoides</i> (Molina) I.M.Johnst, en Chile y Argentina	85
4.2.3.8 Distribución potencial de <i>Laureliopsis philippiana</i> (Looser) Schodde, en Chile y Argentina.....	88
4.2.3.9 Distribución potencial de <i>Lomatia ferruginea</i> (Cav.) R.Br., en Chile y Argentina.....	91
4.2.3.10 Distribución potencial de <i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels, en Chile y Argentina	93
4.2.3.11 Distribución potencial de <i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret, en Chile y Argentina	96
4.2.3.12 Distribución potencial de <i>Maytenus magellanica</i> (Lam.) Hook.f., en Chile y Argentina	99
4.2.3.13 Distribución potencial de <i>Myrceugenia exsucca</i> (DC.) O.Berg, en Chile y Argentina	102
4.2.3.14 Distribución potencial de <i>Nothofagus alpina</i> (Poepp. & Endl.) Oerst., en Chile y Argentina .	105
4.2.3.15 Distribución potencial de <i>Nothofagus antarctica</i> (G.Forst.) Oerst., en Chile y Argentina	107
4.2.3.16 Distribución potencial de <i>Nothofagus betuloides</i> (Mirb.) Oerst., en Chile y Argentina	110
4.2.3.17 Distribución potencial de <i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst., en Chile y Argentina	114
4.2.3.18 Distribución potencial de <i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst., en Chile y Argentina.....	116
4.2.3.19 Distribución potencial de <i>Nothofagus pumilio</i> (Poepp. & Endl.) Krasser, en Chile y Argentina	119
4.2.3.20 Distribución potencial de <i>Pilgerodendron uviferum</i> (D.Don) Florin, en Chile y Argentina	122
4.2.3.21 Distribución potencial de <i>Raukaua laetevirens</i> (Gay) Frodin, en Chile y Argentina.....	125
4.2.3.22 Distribución potencial de <i>Saxegothaea conspicua</i> Lindl., en Chile y Argentina	128
4.2.3.23 Distribución potencial de <i>Weinmannia trichosperma</i> Cav., en Chile y Argentina.....	130
4.3 EVALUACIÓN DE LA REPRESENTATIVIDAD DE LAS ESPECIES ARBÓREAS EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS OFICIALES DE CHILE.....	133
4.3.1 Superposición de datos: áreas protegidas y distribución potencial	133
4.3.2 Análisis de representatividad de las especies arbóreas en las áreas protegidas de Chile	135
4.3.3 Riqueza de especies: medición de la cantidad de especies arbóreas en las áreas protegidas oficiales de Chile	138
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN	140
5.1 DISCUSIONES	140
5.1.1 Sobre la base de datos actualizada de las especies arbóreas de Chile y Argentina	140
5.1.2 Sobre los modelos de distribución de especies, y la precisión o limitación de los resultados	141
5.1.3 Sobre la representatividad de las especies en las áreas protegidas oficiales de Chile	144
5.2 CONCLUSIONES.....	147
BIBLIOGRAFÍA.....	149
ANEXOS.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Área de estudio. Cartografía que representa a las diversas ecorregiones y regiones político-administrativas, contenedoras de los registros de presencias de las especies arbóreas consideradas, en Chile y Argentina	16
Figura N° 2: Esquema gráfico de los principales conceptos del marco teórico de la presente investigación..	19
Figura N° 3: Diagramas BAM A y B	24
Figura N° 4: Esquema de flujo de trabajo para la realización y validación de modelos de distribución de especies	28
Figura N° 5: Representación del área bajo la curva (AUC) de dos clasificadores diferentes A y B	32
Figura N° 6: Fisiografía de Chile Continental.	35
Figura N° 7: Las tres etapas más importantes en la ruptura de Gondwana.	37
Figura N° 8: Distribución de las Formaciones Vegetales de Sudamérica.	38
Figura N° 9: Último Máximo Glacial en el sur de Sudamérica.	39
Figura N° 10: Representación cartográfica de las formaciones vegetacionales de Chile	41
Figura N° 11: Esquema gráfico de los principales pasos metodológicos de la presente investigación..	48
Figura N° 12: Fotografías de las etiquetas de dos especies arbóreas pertenecientes al Herbario del Museo de La Plata	49
Figura N° 13: Pasos metodológicos para la generación de modelos de distribución de especies	52
Figura N° 14: Cartografía de los registros de presencias de las especies arbóreas en territorios de Chile y Argentina	62
Figura N° 15: Cartografía de los registros de presencias de las especies arbóreas, presentes en los territorios de Chile y Argentina, con los que efectivamente se modelará.	65
Figura N° 16: Distribución potencial de <i>Araucaria araucana</i> , según 3 casos de registros de presencia	69
Figura N° 17: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Araucaria araucana</i> en los distintos casos de registros de presencia	69
Figura N° 18: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Austrocedrus chilensis</i> en los distintos casos de registros de presencia	72
Figura N° 19: Distribución potencial de <i>Buddleja globosa</i> , según 3 casos de registros de presencia	74
Figura N° 20: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Buddleja globosa</i> en los distintos casos de registros de presencia	75
Figura N° 21: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Dasyphyllum diacanthoides</i> en los distintos casos de registros de presencia.	78
Figura N° 22: Distribución potencial de <i>Drimys winteri</i> , según 3 casos de registros de presencia.	80
Figura N° 23: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Drimys winteri</i> en los distintos casos de registros de presencia.	81
Figura N° 24: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Embothrium coccineum</i> en los distintos casos de registros de presencia	84
Figura N° 25: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Fitzroya cupressoides</i> en los distintos casos de registros de presencia.	86
Figura N° 26: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Laureliopsis philippiana</i> en los distintos casos de registros de presencia.	89
Figura N° 27: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Lomatia ferruginea</i> en los distintos casos de registros de presencia	92
Figura N° 28: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Lomatia hirsuta</i> en los distintos casos de registros de presencia	94
Figura N° 29: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Luma apiculata</i> en los distintos casos de registros de presencia.	97
Figura N° 30: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Maytenus magellanica</i> en los distintos casos de registros de presencia.	100
Figura N° 31: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Myrceugenia exsucca</i> en los distintos casos de registros de presencia	103
Figura N° 32: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Nothofagus alpina</i> en los distintos casos de registros de presencia.	106
Figura N° 33: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de	

<i>Nothofagus antarctica</i> en los distintos casos de registros de presencia.....	108
Figura N° 34: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Nothofagus betuloides</i> en los distintos casos de registros de presencia.....	111
Figura N° 35: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Nothofagus dombeyi</i> en los distintos casos de registros de presencia.....	114
Figura N° 36: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Nothofagus obliqua</i> en los distintos casos de registros de presencia.....	117
Figura N° 37: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Nothofagus pumilio</i> en los distintos casos de registros de presencia.....	120
Figura N° 38: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Pilgerodendron uviferum</i> en los distintos casos de registros de presencia.....	123
Figura N° 39: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Raukava laetevirens</i> en los distintos casos de registros de presencia.....	126
Figura N° 40: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Saxegothaea conspicua</i> en los distintos casos de registros de presencia.....	129
Figura N° 41: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de <i>Weinmannia trichosperma</i> en los distintos casos de registros de presencia.....	131
Figura N° 42: Cartografía de las Áreas Protegidas en Chile, que cuentan con al menos un registro de presencia, de las 23 especies arbóreas consideradas.....	135
Figura N° 43: Gráfico que muestra la cantidad de Áreas Protegidas (según cada figura de protección en Chile), que cuentan con al menos un registro de presencia, de las 23 especies arbóreas consideradas.....	136
Figura N° 44: Riqueza de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, medida latitudinalmente.....	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Código, nombre y detalle de las 19 variables bioclimáticas disponibles en la base de datos global de superficies climáticas <i>Worldclim</i> , las cuales fueron recalculadas por PLISCOFF <i>et al.</i> , 2014.....	54
Tabla N° 2: Principales características de las configuraciones en la matriz de <i>Maxent</i> , correspondientes a la calibración del modelo.....	56
Tabla N° 3: Cantidad de registros de presencias para las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina.....	61
Tabla N° 4: Cantidad de registros de presencia únicos de las especies arbóreas, divididos por las regiones político-administrativas del territorio chileno en donde se encuentran.....	63
Tabla N° 5: Cantidad de registros de presencia únicos de las especies arbóreas, divididos por las provincias político-administrativas del territorio argentino en donde se encuentran.....	63
Tabla N° 6: Cantidad de registros de presencias para las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, que efectivamente serán modeladas, debido a presentar en cualquiera de los 3 casos (A, B y C), más (o igual cantidad) de 20 registros de presencias.....	64
Tabla N° 7: Cantidad de registros de presencia de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, según las ecorregiones terrestres en las que se encuentran.....	66
Tabla N° 8: Variables bioclimáticas seleccionadas para la elaboración de los modelos de distribución de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina.....	66
Tabla N° 9: Evaluación de representatividad de las 23 especies arbóreas consideradas en la presente investigación.....	134

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN

1.1 Introducción

La identificación de patrones espaciales y temporales de la distribución de los seres vivos en el planeta ha sido el centro de investigación de la biogeografía (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). A partir de la ecología, el concepto de “nicho” se ha expandido más allá del alcance de la botánica, y la relación entre los seres vivos y los factores abióticos, ya que desde principios del siglo XX trata problemas fundamentales, tales como los factores que afectan las áreas de distribución geográficas de las especies, y la composición y estructura de las comunidades ecológicas (SOBERÓN & MILLER, 2009). En el estudio del nicho ecológico se produce la interacción de la sistemática, la ecología y la biogeografía para explicar cómo la tolerancia climática puede ser importante en limitar la distribución geográfica de las especies (ELIOSA-LEÓN *et al.*, 2010), aspecto clave para la elaboración de los modelos de distribución de especies, definidos como modelos empíricos que relacionan los registros de presencia de las especies, a las variables de predicción del medio ambiente, a partir de superficies de respuesta (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000). Los modelos de distribución de especies, a su vez, son elementos importantes para la disciplina de la biogeografía de la conservación, definida formalmente por WHITTAKER *et al.*, (2005) como “la aplicación de los principios biogeográficos, teorías y análisis (siendo los relacionados con la dinámica de distribución de los taxones) a los problemas relativos a la conservación de la biodiversidad (diversidad biológica)” (RICHARDSON & WHITTAKER, 2010), entendiéndola esta última como, la variabilidad de la vida y sus procesos; que involucra la riqueza de organismos, su variabilidad genética y la de los ecosistemas a los cuales pertenecen (TACÓN, 2004).

La presente memoria se inserta en el proyecto FONDECYT N° 11140357: “Patrones de distribución espacial del bosque nativo chileno: un enfoque integrado desde la biogeografía de la conservación”, el cual tiene como objetivo principal el comprender y caracterizar la dinámica de distribución espacial y temporal de las especies de árboles nativos chilenos, utilizando para ello la técnica de los modelos de distribución de especies. Los extensos registros de presencias de especies arbóreas en el exterior del territorio continental de Chile presentan una oportunidad para desarrollar metodologías que implican el uso de diversas bases de datos de registros de especies, ya que un punto relevante para la caracterización del espacio climático y ambiental de las especies, es tener en cuenta toda la gama de su distribución (GUISAN & THUILLER, 2005). En el caso de las especies de árboles nativos chilenos, casi el 50% presenta distribución también en Argentina.

En base a lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo analizar y modelar los patrones de distribución espacial de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, evaluando la representatividad de estas especies en las áreas protegidas

oficiales del territorio chileno. Para llevar a cabo el propósito de la presente memoria, en primer lugar se elabora una base de datos actualizada de los registros de presencias de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, indispensable para cumplir el primer paso para elaborar los modelos de distribución de especies. Luego, estos registros de presencia son relacionados con las variables bioclimáticas seleccionadas para el modelado, mediante la técnica de máxima entropía, *Maxent* (PHILLIPS *et al.*, 2006), con el fin de caracterizar la distribución potencial de las especies arbóreas presentes en ambos países. El programa *Maxent* es escogido debido a que posee tres ventajas por sobre los demás: requiere sólo datos de presencia, versus otros modelos que además requieren datos de ausencia; su consistente buen desempeño en comparación con otros métodos similares (ELITH *et al.*, 2006; WISZ *et al.*, 2008), especialmente con un número pequeño de muestras (ELITH *et al.*, 2006; PHILLIPS *et al.*, 2006); y su disponibilidad gratuita. Finalmente, se evalúa la representatividad, lo que surge de la necesidad de conocer la eficacia de la protección (BROOKS *et al.*, 2006) de las especies arbóreas, mediante su distribución potencial, dentro de la red de áreas protegidas oficiales de Chile.

Entre los principales resultados obtenidos, se destaca la gran diferencia comprobada en el modelado de distribución de especies según el territorio de procedencia de los registros de presencia, siendo los que se encuentran integrados en ambos países, los más idóneos a considerar, debido a que incorporan el rango total de distribución de cada una de las especies arbóreas, abordando de una manera más eficaz la distribución conocida de las especies en cada uno de los países considerados; en desmedro de los modelos de distribución de especies que se limitan a una división político-administrativa. Además, esta diferencia se percibe al momento de evaluar el grado de protección de las especies arbóreas en las áreas protegidas oficiales de Chile, ya que los índices de representatividad son más altos (existe mayor protección), en el escenario que contiene a los modelos de distribución de especies que consideran el rango total de la distribución de las especies, debido a que estos incorporan zonas limítrofes que los modelos restringidos bajo una división político-administrativa, no toman en cuenta.

1.2 Planteamiento del problema

Los patrones de distribución de las especies y ecosistemas se han convertido en una de las áreas de investigación con mayor desarrollo en el campo de la biogeografía de la conservación (RICHARDSON & WHITTAKER, 2010). La capacidad predictiva de los modelos de distribución de especies y ecosistemas para proyectar tanto el espacio geográfico como el ecológico sobre el pasado y el futuro ha generado técnicas y herramientas frescas, dando así una nueva dinámica a la biogeografía (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000). La aplicación de los modelos de distribución de especies en Chile tiene su desarrollo sólo en los últimos años, junto con la genética de poblaciones y estudios de biología de la conservación, desde el campo de la ecología (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). Sólo en los últimos cinco años ha comenzado la aplicación de técnicas de modelado de distribución de especies, y las principales conclusiones señalan la preferencia de modelar con vegetación, el uso de la técnica de modelado *Maxent* y la incorporación de un gran número de registros de herbarios, georreferenciados, o de un conjunto de datos globales como lo es *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) (FEELEY, 2012), lo que facilita la implementación y evaluación de los modelos de distribución de especies (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a).

Chile presenta una gran diversidad de vegetación (GAJARDO, 1994; LUEBERT & PLISCOFF, 2006), producto de la heterogeneidad ambiental, relacionada con una historia biogeográfica muy activa (VILLAGRÁN & HINOJOSA, 1997; MOREIRA-MUÑOZ, 2011). Cuatro de los cinco macrobioclimas existentes en el mundo, se pueden encontrar en Chile continental: tropical, mediterráneo, templado y austral (LUEBERT & PLISCOFF, 2006). La fisionomía de la vegetación va desde zonas con matorrales dispersos en condiciones extremas de aridez en el norte, bosques esclerófilos en la región central del mediterráneo, bosques templados, vegetación alpina, hasta páramos en el extremo sur. Esta gran diversidad, con la presencia de un gran número de endemismos en diferentes grupos (plantas vasculares, anfibios, reptiles), asociada al aislamiento histórico de la biota chilena (VILLAGRÁN & HINOJOSA, 1997; MOREIRA-MUÑOZ, 2011), ha caracterizado a Chile como un país con un valor especial de biodiversidad. Es así como dos “hotspots” globales se pueden encontrar dentro de Chile continental (Andes Tropicales y Bosques de lluvia invernal- Bosques valdivianos) (ARROYO *et al.*, 2008). Este último *hotspot* mencionado se encuentra dentro de los bosques templado-lluviosos del sur de Sudamérica, que se encuentran en el centro y sur de Chile, con un menor grado en las áreas vecinas en el sudoeste de Argentina (DONOSO, 1993), y es considerado uno de los más amenazados (MYERS *et al.*, 2000), incluyendo diferentes comunidades forestales con altos niveles de endemismo, la mayoría de los cuales están dominados por el género *Nothofagus* (MOREIRA-MUÑOZ, 2011; ALARCÓN & CAVIERES, 2015). Sólo a modo de ejemplo, este género puede considerarse el más importante en la composición y estructura de estos bosques, estando localizado desde el paralelo 33°S hasta el 56°S (DONOSO, 2004). Varias

especies de este género forman importantes masas forestales en las montañas y tierras bajas de Chile y Argentina, Nueva Zelanda, sur de Australia, Tasmania, Nueva Caledonia y Nueva Guinea. De los 12 tipos forestales definidos para Chile (según DONOSO, 1981, 1998a, 1998b; en DONOSO, 2004), en 10 los *Nothofagus* son especies importantes, dominantes o co-dominantes, y en 4 dan su nombre al tipo forestal. Por otro lado los bosques templados del sector argentino, que se ubican bajo las condiciones de clima oceánico templado seco o frío seco, y que no aparecen en la tipología forestal chilena, tienen todos o algún *Nothofagus* como componente principal o importante de su estructura (DONOSO, 1998; en DONOSO, 2004).

En base a lo anterior, se puede destacar que Chile posee una importante y rica biodiversidad que ha sido estudiada a lo largo de los años, pero a su vez, existen extensos registros de presencias de especies arbóreas nativas en el exterior de los límites político-administrativos (como las especies del género *Nothofagus*), que no han sido considerados en estudios previos desde el punto de vista de la biogeografía de la conservación y el modelado de distribución de especies, y que presentan una oportunidad para desarrollar metodologías que implican el uso de bases de datos extranjeras de registros de especies, ya que, como fue mencionado anteriormente, un punto relevante para la caracterización del espacio climático y ambiental de las especies, es tener en cuenta toda la gama de su distribución espacial (GUISAN & THUILLER, 2005). Es muy importante considerar toda la gama de distribución de las especies que se quieren modelar. VAN HORN (2002, en GUISAN & THUILLER, 2005) ilustra cómo una medida excesivamente restringida puede conducir a una interpretación incorrecta si se muestrea sólo una parte de un importante gradiente ambiental, por ejemplo, cuando se utilizan límites político-administrativos en lugar de los límites naturales, como lo son por ejemplo, algunas ecorregiones, que son compartidas entre Chile y Argentina. Además, la presente memoria busca recabar sobre la evaluación de la representatividad de las especies arbóreas en la red de áreas protegidas oficiales de Chile. La representatividad es uno de los criterios fundamentales para evaluar adecuadamente un área protegida o a un sistema de áreas protegidas, ya que captura el rango de variación biológica en términos de especies y ecosistemas en una región determinada (GROVES, 2003, en PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b). Este enfoque surge de la necesidad de conocer la eficacia de la protección (BROOKS *et al.*, 2006) de las especies arbóreas consideradas en el territorio de Chile. Varios estudios han evaluado la representatividad del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) en Chile, pero a escala de ecosistemas y grupos taxonómicos. BENOIT (1996, en SQUEO *et al.*, 2012) demostró que 54 (65%) de las 83 formaciones vegetales descritas por GAJARDO (1994) fueron representadas en el SNASPE. Sin embargo, más recientemente, PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO (2011b) en un análisis de brechas de Chile continental, mostraron que sólo 42 (33%) de los 127 pisos de vegetación definidos por LUEBERT & PLISCOFF (2006) fueron adecuadamente (con más del 10% del área del piso vegetacional protegida) representados en el SNASPE. Estos resultados contradictorios

pueden explicarse por el uso de diferentes objetivos de conservación. En Chile, una característica de los estudios de representatividad es el hecho de que estos se centran en un único nivel de biodiversidad (comunidad vegetal) (SQUEO *et al.*, 2012).

Debido a lo expuesto anteriormente, y tomando en cuenta los principales propósitos de la presente memoria, que son caracterizar la distribución potencial de las especies arbóreas, evaluando la representatividad de estas en las áreas protegidas oficiales de Chile; se plantean las siguientes interrogantes: ¿de qué forma se verá modificada la distribución potencial de las especies arbóreas consideradas, al incorporar a los modelos el rango total de los registros de presencia en Chile y Argentina, no restringiendo la distribución bajo una división político-administrativa? Tomando en cuenta el escenario de representatividad analizado por PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO (2011b), en el que se plantea una deficiencia en la conservación de los ecosistemas terrestres en Chile continental, ¿se verá replicado este patrón de deficiencia en la conservación, en una evaluación de la representatividad a nivel de especies, en las áreas protegidas oficiales de Chile? Ambas preguntas de investigación contribuyen a plantear más adelante la hipótesis de la presente memoria.

1.3 Área de estudio

En la presente investigación, el área de estudio se encuentra determinada completamente por la localización de los registros de presencia de las especies arbóreas que se presentan tanto en Chile como en Argentina, y su potencial distribución. Esta fue delimitada luego de la creación de la base de datos y la georreferenciación de los registros de presencia de las especies arbóreas en ambos países, lo que respecta al primer resultado de la presente memoria.

Con el fin de esclarecer su delimitación, si se plantea una división político-administrativa del área de estudio, esta comprende la localización de los registros de presencias de las especies arbóreas presentes en once regiones de Chile y seis provincias de Argentina. En el territorio chileno, el área de estudio se encuentra comprendida entre las regiones IV de Coquimbo, por el norte, hasta la XII Región de Magallanes, por el sur; mientras que las provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego, representan el área de estudio en territorio argentino, es decir las provincias del sur-oeste de Argentina. Si se plantea una delimitación biogeográfica del área de estudio, más *ad hoc* a lo que realmente apunta la presente memoria, esta comprende distintas ecorregiones terrestres (DINERSTEIN *et al.*, 1995; OLSON *et al.*, 2001). Las ecorregiones fueron establecidas primeramente como herramientas para determinar el orden de prioridad de las áreas que han de ser objeto de conservación. Las ecorregiones terrestres del *World Wildlife Fund* (WWF) constituyen unidades relativamente grandes de tierra o agua que contienen una serie geográficamente diferenciada de comunidades naturales. Estas comunidades comparten la mayor parte de sus especies, fuerzas ecológicas y condiciones ambientales, e interactúan de forma decisiva para su pervivencia a largo plazo. Este sistema de clasificación jerárquica consiste en reinos, biomas y ecorregiones, que reflejan la distribución de las distintas biotas (OLSON *et al.*, 2001). Diversas ecorregiones se encuentran delimitando naturalmente el área de estudio, tanto en los territorios de Chile como de Argentina (Ver Figura N°1). Existen tres ecorregiones compartidas por ambos países, los “Bosques templados valdivianos”, los “Bosques subpolares magallánicos”, y la “Estepa patagónica”, que en conjunto con la ecorregión del “Matorral chileno”, contienen los registros de presencia de las especies arbóreas consideradas en la presente memoria.

1.3.1 Características climáticas

América del Sur está situada dentro de la influencia de la Zona Intertropical de Convergencia (ZCIT), que se define como la región del globo terrestre donde convergen los vientos alisios del hemisferio norte con los del hemisferio sur; y los sistemas de circulación relacionados (ORME, 2007). La mayor parte del continente está expuesta a las influencias del Atlántico, mientras que, debido a la ubicación marginal de los Andes, sólo una franja estrecha de la costa occidental está directamente influenciada por el Océano Pacífico.

En Chile, la influencia del Atlántico se expresa en la acción de los vientos de superficie húmedos que se desarrollan en el Atlántico ecuatorial, puesto que penetran tierra adentro hacia los Andes, acarreando tanto nubes como lluvias a las estribaciones de la cordillera oriental, las cuales en verano riegan el Altiplano (ORME, 2007), y que a su vez pueden recargar los acuíferos en el centro del desierto de Atacama (NOGUÉS-PAEGLE & MO, 1997). A lo largo de la costa oeste, las influencias del Pacífico tropical son más restringidas, ayudados por la subsidencia de la troposfera y la fría corriente de Humboldt, derivada de la corriente Circumpolar Antártica (ORME, 2007), que se caracteriza por un flujo predominante hacia el norte de las aguas superficiales de origen sub-antártico y por la fuerte corriente ascendente de frescas aguas sub-superficiales ricas en nutrientes de origen ecuatorial (THIEL *et al.*, 2007). Esta corriente produce una disminución de las temperaturas de las zonas costeras en el norte y centro de Chile, y ayudado por el hundimiento troposférico, mencionado anteriormente, crea una inversión térmica que aumenta las condiciones de aridez en el oeste de Sudamérica, desde cerca del ecuador hasta el sur del Trópico de Capricornio (ORME, 2007). La humedad disponible para esta costa árida se limita en su mayoría a estratos y a la niebla, que se mueve hacia tierra firme sobre las aguas frescas del océano (ORME, 2007). En cuanto a las precipitaciones, estos factores generan un gradiente de disminución de las precipitaciones desde el SO hacia el NE, desde aproximadamente 5000 mm en el SO a 0 mm en Atacama, sólo revirtiéndose esta tendencia a causa de las lluvias tropicales, que alcanzan el norte de Chile desde la cuenca del Amazonas (MOREIRA-MUÑOZ, 2011).

El desplazamiento del anticiclón del Pacífico Sur hacia el sur durante el verano austral, promueve condiciones climáticas de tipo mediterráneo en Chile Central (LUEBERT & PLISCOFF, 2006). Por el contrario, el desplazamiento del anticiclón del Pacífico Sur hacia el norte durante el invierno austral, permite la entrada de los vientos del oeste desde el SO, promoviendo un período regular e intenso de lluvias con una influencia máxima en torno a los 47°S (LUEBERT & PLISCOFF, 2006). El Cono Sur templado del continente se ve influenciado por la asimetría del relieve tectónico, con un cinturón de barlovento estrecho de húmedas o brumosas costas y montañas, estas últimas lo suficientemente frías para sostener glaciares, y una de sotavento semidesértica en la sombra de lluvia andina del Monte y la Patagonia (ORME, 2007). Cercano al desigual límite sur del continente, los rangos de precipitación oscilan desde los 2600 mm en las islas frente a la costa del Pacífico, a los 4000 mm en el nivel del mar sobre la costa continental oeste, a cerca de los 10000 mm sobre los Andes, pero disminuye rápidamente hacia el este a 430 mm en Punta Arenas, en el Estrecho de Magallanes (SCHNEIDER *et al.*, 2003; en ORME, 2007). Debido a la forma cónica del sur de América del Sur, las influencias polares continentales se encuentran silenciadas, pero todavía son suficientes para sostener a los glaciares cerca del nivel del mar en el extremo sur y para que los vientos fríos barran en dirección al norte desde la Patagonia (ORME, 2007).

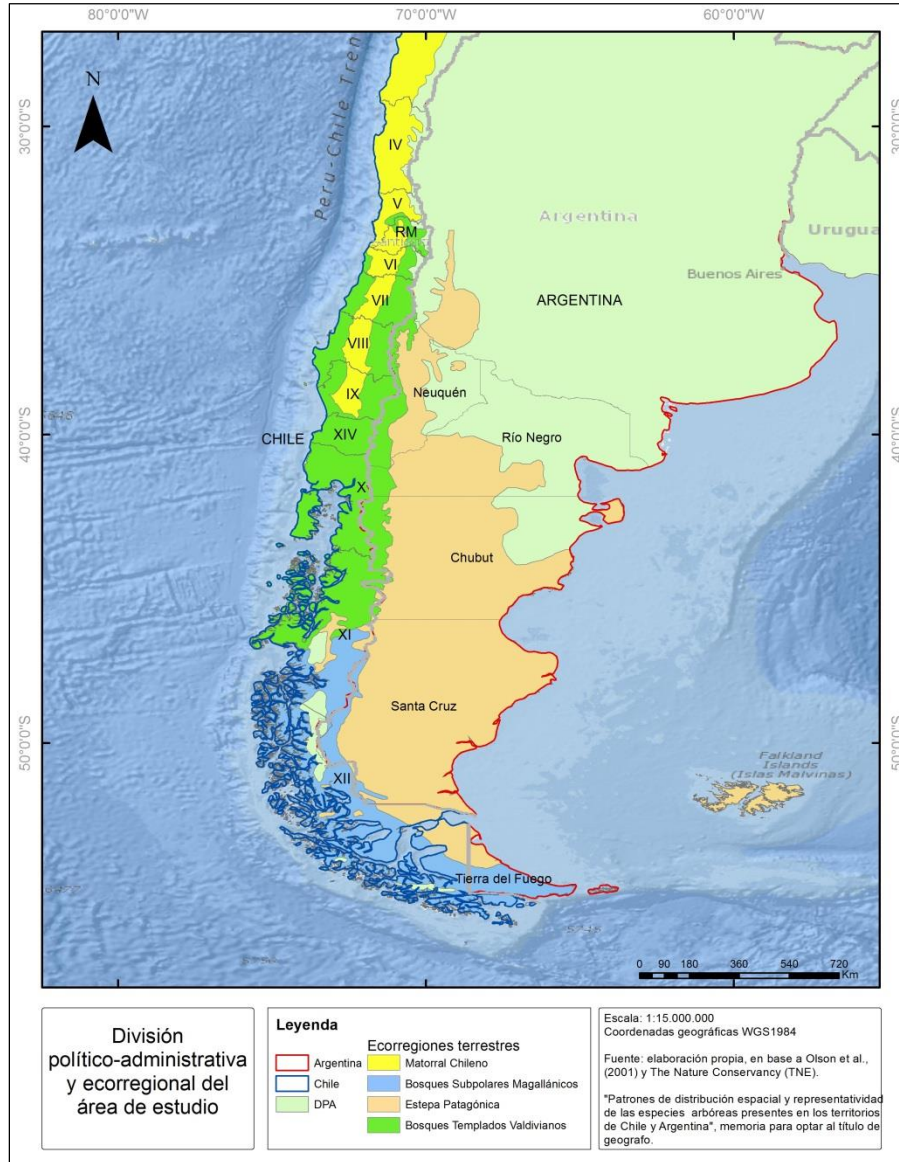


Figura N° 1: Área de estudio. Cartografía que representa a las diversas ecorregiones y regiones político-administrativas, contenedoras de los registros de presencias de las especies arbóreas consideradas, en Chile y Argentina. Fuente: elaboración propia, en base a OLSON *et al.*, (2001), ecorregiones descargadas en la página web de The Nature Conservancy (http://maps.tnc.org/gis_data.html).

1.3.2 Características biogeográficas y de vegetación

La forma de América del Sur, su tamaño y su posición geográfica, tanto ahora como en el pasado, ha influido en el desarrollo de diversas cubiertas de superficies terrestres con vegetación, de diferentes tamaños, adaptaciones y orígenes (YOUNG *et al.*, 2007). La distribución actual de los biomas refleja la amplia interacción de la variación de los factores climáticos y procesos bióticos en un escenario tectónico que cambia lentamente, los cuales se identifican generalmente con condiciones térmicas y de humedad, siendo modificados localmente por el relieve y las limitaciones edáficas. Sin embargo, hay anomalías,

componentes de la vegetación, que desafían la interpretación sencilla (ORME, 2007). En el centro de Chile, por ejemplo, existen fragmentos de bosques de Olivillos dependientes de la neblina, que pueden haber sobrevivido a partir de un rango de distribución anterior, interrumpido por el levantamiento de los Andes, mientras que el bosque de *Nothofagus* parece haber sobrevivido desde etapas más frías y húmedas del Pleistoceno (ORME, 2007). Cabe destacar, que la mitad más estrecha del sur de América del Sur es vegetacionalmente muy compleja debido a la compresión de más tipos de vegetación en un área más pequeña y debido a los diversos regímenes climáticos asociados a latitudes medias subtropicales y templadas (YOUNG *et al.*, 2007). A continuación, se destacan las principales características de la zona templada, debido a presentar gran parte de los registros de presencia de las especies arbóreas consideradas en la presente investigación, y debido a contener a algunas de las ecorregiones compartidas por los territorios de Chile y Argentina.

Los bosques templado-lluviosos se encuentran a lo largo del lado occidental del continente, al sur de los 37°S aproximadamente, alimentados por las constantes precipitaciones, que van desde los 37° a los 56°S, surgidas a partir de las amplias masas de aire cargadas de humedad transportadas por los vientos del oeste, desde el Océano Pacífico (YOUNG *et al.*, 2007). La composición florística de estos bosques lluviosos, específicamente la abundancia de especies y los géneros endémicos, reflejan un largo período de aislamiento de otras floras principales (ARMESTO *et al.*, 1996). Es en esta región donde los elementos neotropicales se mezclan con elementos gondwánicos compartidos con otras masas de tierra del hemisferio sur. Las especies de plantas aquí se han desarrollado de forma aislada de otros bosques templados durante al menos 50 millones de años (YOUNG *et al.*, 2007). Una transecta hipotética de oeste a este a partir de los Andes chilenos, a unos 40°S revelaría los cambios en la cobertura del suelo desde bosques lluviosos de altura en Chile a la vegetación baja de los Andes, pasando a través de bosques méxicos, equilibrados en cuanto a humedad (pero menos ricos en especies) en el lado argentino de los Andes, continuando hacia bosques xerófilos en las estribaciones de los Andes y las llanuras de la Patagonia. Más hacia el este, la aridez de la sombra de lluvia andina se combina con la del interior para proporcionar amplias zonas de estepa con arbustos bajos y montones de hierbas, que hacia el noreste son clasificadas dentro de las praderas de las Pampas del centro-este de Argentina. Originalmente, las Pampas se extendían hasta la costa atlántica, pero han sido fuertemente transformadas por el ser humano, tanto para el ganado y ranchos de ovejas, así como para la agricultura de cultivos. Tanto en las estepas patagónicas y las regiones de bosques templados de Chile y Argentina, la industria forestal ha plantado miles de kilómetros cuadrados de zonas arbóreas con especies de Norte América y Australia (YOUNG *et al.*, 2007).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Analizar y modelar los patrones de distribución espacial de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, evaluando la representatividad de estas especies en las áreas protegidas oficiales de Chile.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Elaborar una base de datos actualizada de los registros de presencias de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina.
2. Caracterizar la distribución potencial actual de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, utilizando la técnica de Modelos de Distribución de Especies.
3. Evaluar la representatividad de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, en las áreas protegidas oficiales de Chile.

1.5 Hipótesis

Como ya se ha mencionado anteriormente, un punto relevante para la caracterización del espacio climático y ambiental de las especies, es tener en cuenta toda la gama de su distribución espacial. En el caso de las especies de árboles nativos chilenos, casi el 50% presenta distribución también en Argentina. En base a lo anterior, la hipótesis de la presente investigación plantea que al incorporar el rango total de los registros de presencia de las especies arbóreas en los territorios de ambos países estudiados, se generarían modelos de distribución de especies que reflejen de forma más completa su nicho ecológico, que va más allá de los límites fronterizos nacionales, y además, estos modelos presentarían una mayor representatividad de las especies arbóreas en las áreas protegidas oficiales de Chile, en desmedro de los modelos de distribución de especies que se restringen a una división político administrativa.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En esta sección se plantearán los principales conceptos en los cuales se encuentra enmarcada la presente investigación (Ver Figura N°2). En primer lugar se definen las principales características de la ciencia biogeográfica, tanto histórica como ecológica, en conjunto con la incorporación del concepto de nicho desde la ecología, el cual es vital para el nacimiento de los contemporáneos modelos de distribución de especies (MDE), que son elementos clave en el estudio de la biogeografía de la conservación, disciplina que nació durante la última década, bajo la cual se enmarca la presente memoria. Los MDE actualmente utilizan herramientas de los SIG para predecir espacialmente la distribución de las especies, los cuales son presentados en la segunda parte, mediante su funcionamiento, evaluación y sus limitaciones. Posteriormente, en la tercera parte, se presenta una descripción del clima y la vegetación tanto del pasado como del presente, del sur de Sudamérica, para dar cuenta de cómo la variabilidad y el cambio climático han influido en la modificación de los patrones de distribución espacial de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina. Finalmente, se hará referencia al concepto de representatividad de las especies, el cual considera el rango de variación biológica y protección de las especies dentro de las redes de áreas protegidas.

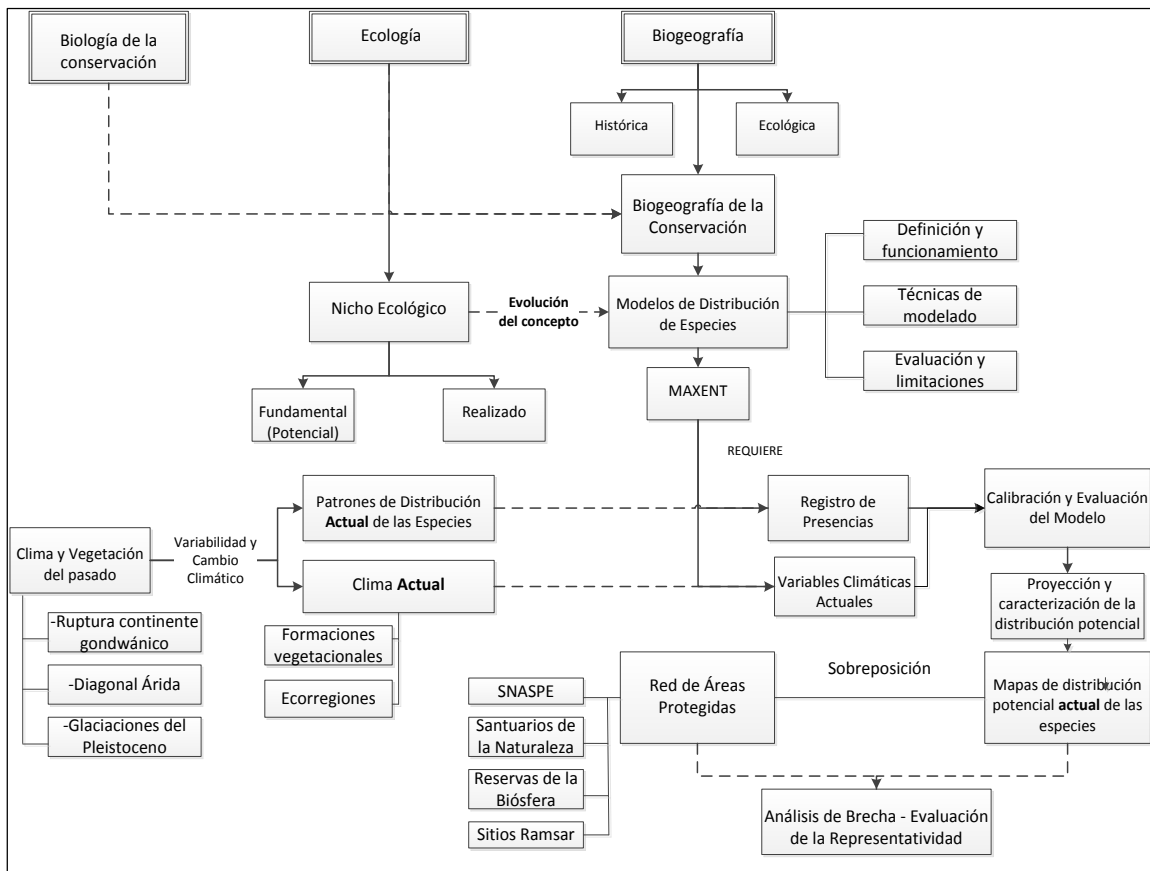


Figura N° 2: Esquema gráfico de los principales conceptos del marco teórico de la presente investigación. Fuente: elaboración propia.

2.1 Biogeografía y ecología: la teoría tras los modelos de distribución de especies

2.1.1 Principales características de la ciencia biogeográfica, histórica y ecológica

Identificar los patrones espaciales y temporales de la distribución de los seres vivos sobre el planeta ha sido desde sus inicios el centro del estudio de la biogeografía (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). En otras palabras, la biogeografía es el estudio, en todas las posibles escalas de análisis, de la distribución de la vida en el espacio, y cómo esta ha cambiado a través del tiempo, en la cual una de las principales preocupaciones ha sido siempre la distribución y dinámica de la diversidad, determinada frecuentemente en términos simplemente de números de especies, o proporciones de especies endémicas (BROWN & LOMOLINO, 1998; LOMOLINO *et al.*, 2004, en WHITTAKER *et al.*, 2005). Existe una gran cantidad de enfoques en los cuales se puede subdividir la ciencia biogeográfica. Por ejemplo, taxonómicamente, se encuentran la fitogeografía y la zoogeografía, que estudian por separado las plantas y los animales, respectivamente. Sin embargo, a menudo se divide esta ciencia en las siguientes subdivisiones. Por una parte, la biogeografía histórica, que intenta reconstruir el origen, la dispersión y la extinción de los taxones y la biota; y por otra parte, la biogeografía ecológica, que intenta dar cuenta de las distribuciones actuales en términos de las interacciones entre los organismos y su medio ambiente físico y biótico. También se puede destacar la paleoecología, que sirve de puente entre los anteriores dos campos, investigando las relaciones entre los organismos y medioambientes del pasado. Esta utiliza datos tanto de la composición biótica de las comunidades como de las condiciones abióticas derivadas de los restos fósiles preservados en antiguos sedimentos, capas de hielo, anillos de árboles u otros lugares (BROWN & LOMOLINO, 1998).

Las ideas y concepciones más antiguas sobre la distribución de la biota, los hombres, las plantas y los animales en la Tierra, se encuentran en mitos y leyendas de varias de las religiones más antiguas (por ejemplo, en el *Libro del Génesis* o la *Torá*), pensamiento que predominó por casi dos milenios, y el cual encontró su representación más actualizada en el modelo de Linneo, el cual planteaba la idea primordial de que a partir de un lugar de la Tierra, el “jardín del Edén”, y por mecanismos de dispersión, los seres vivientes habrían cubierto la superficie habitable (LLORENTE *et al.*, 2000). En oposición a este pensamiento, la biogeografía histórica, como ciencia institucionalizada, tuvo sus orígenes entre los siglos XVII y XVIII, con la aparición de importantes científicos que comenzaron a investigar la llamada, *geografía botánica*, tales como Humboldt, Bonpland, De Candolle, entre otros (LLORENTE *et al.*, 2000), los cuales iniciaron una tradición investigativa que ha estudiado la relación entre la distribución de las especies vegetales y el clima (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). Este enfoque biogeográfico intenta explicar la distribución actual de los organismos a través de procesos que suceden a gran escala del tiempo, incorporando las dimensiones temporal y espacial, las cuales fueron

incorporadas a la ciencia por los trabajos de científicos de renombre, como lo fueron Charles Darwin y León Croizat (LLORENTE *et al.*, 2000; MORRONE, 2001). Por otra parte, la ecobiogeografía, o biogeografía ecológica, es aquella rama de la biogeografía que trata de interpretar en términos ecológicos las distribuciones geográficas de los seres vivos y de las asociaciones entre ellos. En otras palabras, estudia las distribuciones geográficas en función de los parámetros ecológicos que permiten (y limitan) su existencia (ZUNINO & ZULLINI, 2003). El concepto fundamental para lograr su fin es el de “tolerancia ecológica”. A cada tipo de organismo que habita la Tierra corresponden intervalos de tolerancias bien definidos respecto al conjunto de características abióticas o biológicas propias de su ambiente, que comprenderán los valores que pueden alcanzar los diferentes gradientes donde la vida de un determinado organismo es factible (MEAVE & MARTÍNEZ, 2002). A menudo se hace la diferenciación entre la biogeografía ecológica, que permite interpretar un patrón en términos sincrónicos; y la biogeografía histórica, que pretende interpretar el proceso, el devenir diacrónico que ha hecho posible que tal patrón se formara. Pero esta distinción entre la biogeografía histórica y la ecobiogeografía queda lejos de ser realmente exacta, ya que por ejemplo la primera, suele recurrir con frecuencia a datos paleoecológicos en su intento de comprobar o contrastar sus hipótesis y, por otra parte, los análisis ecobiogeográficos casi nunca llegan a conformarse en un lapso tan corto como para que no impliquen también algún elemento histórico (ZUNINO & ZULLINI, 2003).

2.1.2 Nicho ecológico

Identificar los procesos que influyen en la distribución y abundancia de los organismos, en la interacción entre los organismos y la transformación, y flujo de energía y materia (LIKENS, 1992), es uno de los grandes objetivos de la ciencia ecológica. Uno de los conceptos de mayor importancia en ecología es el de “nicho ecológico”, en el sentido de que ha sido usado desde principios del siglo XX para tratar problemas fundamentales en aquella ciencia, tales como los factores que afectan las áreas de distribución geográficas de las especies, y la composición y estructura de las comunidades ecológicas (SOBERÓN & MILLER, 2009). En el estudio del nicho ecológico se produce la interacción de la sistemática, ecología y biogeografía para explicar cómo la tolerancia climática puede ser importante en limitar la distribución geográfica de las especies (ELIOSA-LEÓN *et al.*, 2010).

El concepto de nicho ecológico tiene su origen en los trabajos de los ecólogos R. H. Johnson, Joseph Grinnell y Charles Elton, en los cuales se buscaba establecer el rol de las especies e identificar la subdivisión del ambiente (hábitat) que era ocupado por una especie (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). Fue Johnson, en 1910, el primero en usar el concepto, para el cual el nicho representaba la posición de una especie animal en el medio ambiente, determinada por la provisión de alimento y también, aun cuando

secundariamente, por factores abióticos (ELIOSA-LEÓN *et al.*, 2010). Para Grinnell (1917), el nicho de cada especie estaba formado por todos aquellos lugares en donde la misma podía vivir, los cuales a su vez se encuentran determinados por condiciones del hábitat, expresados geográficamente (CHASE & LEIBOLD, 2003; ELIOSA-LEÓN *et al.*, 2010; PETERSON *et al.*, 2011), es decir, cada especie tiene sus características fisiológicas, morfológicas y de comportamiento, lo que hace posible que ocupen determinados espacios ofrecidos por la naturaleza, siendo el nicho una característica del medio, no de los organismos. Elton (1927), define el nicho ecológico como el modo de vida y, especialmente, la manera de alimentarse de un animal, es decir, pone énfasis en la función de una especie dentro de una cadena alimenticia (carnívoros, herbívoros, omnívoros, etc.), mientras que las condiciones abióticas no son tomadas en cuenta. En base a lo anterior, se ha considerado que la definición de Grinnell puede asimilarse al concepto de *nicho espacial* y la definición de Elton al concepto de *nicho trófico* (CHASE & LEIBOLD, 2003; GUIBAN & THUILLER, 2005; MILESI & LÓPEZ DE CASENAVE, 2005; SOBERÓN & NAKAMURA, 2009; ELIOSA-LEÓN *et al.*, 2010; PETERSON *et al.*, 2011). Estos dos últimos puntos de vista de nicho mencionados (Grinnell y Elton), ilustran una de las principales causas de la ambigüedad del concepto: enfatizado sobre los requisitos a escalas geográficas gruesas frente al énfasis puesto sobre los impactos a escala local, respectivamente (CHASE & LEIBOLD, 2003). Lo ideal es que, para entender completamente la distribución geográfica de las especies, deben ser ambos nichos, *eltoniano* y *grinnelliano*, tomados en cuenta (PETERSON *et al.*, 2011).

El concepto moderno de nicho fue postulado inicialmente por Hutchinson (1957), definiéndolo como “la suma de todos los factores que actúan en un organismo, un hipervolumen de n-dimensiones donde se encuentran las condiciones ambientales en las cuales la especie puede sobrevivir” (HUTCHINSON, 1957). Las variables consideradas representan aquí tanto, factores bióticos (alimento, predadores, parásitos, etc.), como factores abióticos (temperatura, agua disponible, humedad, etc.) (ELIOSA-LEÓN *et al.*, 2010). En su sentido más amplio, la mayoría de las definiciones de nicho tienen la intención de especificar los entornos que permiten que una población sobreviva (SOBERÓN & NAKAMURA, 2009). Existen tres factores que son importantes para aclarar el nicho en relación con las áreas de distribución (SOBERÓN, 2007):

- i. Los nichos como hábitats (Grinnell), deben distinguirse de los nichos como función (como parte de una cadena trófica; Elton).
- ii. Los nichos definidos a nivel local, en la escala de la ecología, comportamiento y fisiología de poblaciones pequeñas, deben distinguirse de los nichos definidos en extensiones espaciales más grandes, donde importan los límites de distribución.
- iii. Los nichos, como recursos, deben distinguirse de los nichos como condiciones: a) el primer tipo de variable son los recursos, estos pueden ser consumidos, y las poblaciones pueden afectarlos y competir por ellos (CHASE & LEIBOLD 2003; TILMAN 1982, LEIBOLD 1996, en SOBERÓN, 2007). Estas variables interactivas, relacionadas con los

recursos fueron llamados "bionómicas" por Hutchinson; y b) el segundo tipo de variables son las condiciones ambientales del lugar para los cuales la competencia no es relevante. Hutchinson las llama variables scenopoéticas (HUTCHINSON, 1978; en SOBERÓN, 2007).

Los puntos anteriores sugieren que la separación de nichos en dos clases principales es útil (SOBERÓN, 2007). Una de ellas, como se había planteado anteriormente, sería la clase *grinnelliana*, que puede ser definida por variables fundamentalmente no interactivas (variables scenopoéticas) y de condiciones ambientales en escalas amplias, relevante para la comprensión de las propiedades a escala gruesa, ecológica y geográfica, de las especies. La otra es la clase *eltoniana*, centrándose en las interacciones bióticas y la dinámica de recursos para el consumidor (variables bionómicas), y que se puede medir principalmente a escala local (SOBERÓN, 2007). Ambas clases de nichos son relevantes para la comprensión de la distribución de los individuos de una especie, pero la clase *eltoniana* es más fácil de medir a altas resoluciones espaciales, características de los estudios más ecológicos, mientras que la clase *grinnelliana* se adapta a la baja resolución espacial en la que las distribuciones típicamente se definen (SOBERÓN, 2007), esta última es la que se tratará en la presente investigación.

2.1.3 Nicho fundamental y nicho realizado

La definición más utilizada de nicho ecológico es la creada por Hutchinson, quien subdivide el concepto en dos, lo fundamental y lo realizado. Para el autor, el "nicho fundamental" es el conjunto de todos los estados del entorno que permiten a las especies existir, mientras que el "nicho realizado", por otro lado, es el subconjunto del nicho fundamental correspondiente a las condiciones ambientales en la que la especie es un competidor superior y, bajo las cuales pueden persistir en un entorno interactivo (HUTCHINSON, 1957). Algunos autores han incorporado el concepto de nicho potencial (SOBERÓN & PETERSON, 2005; SOBERÓN & NAKAMURA, 2009), definiéndolo como un subconjunto del nicho fundamental, que si estaría presente en el espacio geográfico. Esto permite relacionar directamente el espacio geográfico a través de la noción de espacio multidimensional de n variables, donde una especie se encuentra habitando o potencialmente lo podría hacer, es decir, la distinción entre nicho fundamental (o potencial) y nicho realizado, donde el primero indica el espacio total de las variables y el segundo especifica el espacio geográfico donde efectivamente habita la especie (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a).

Un esquema mayoritariamente útil para entender ambos conceptos, derivados de la concepción del nicho ecológico, y para comprender qué es lo que se va a modelar posteriormente, es el llamado diagrama BAM (*biotic, abiotic, y movement*) (SOBERÓN & PETERSON, 2005; SOBERÓN & NAKAMURA, 2009; PETERSON & SOBERÓN,

2012). Estos diagramas contemplan las interacciones bióticas (B), abióticas (A), y el movimiento (M) de una especie durante un intervalo de tiempo en el espacio geográfico (G). Se adjuntan dos visualizaciones del diagrama BAM:

i. Los autores suponen que una especie estará presente en un punto dado cuando se cumplan tres condiciones (SOBERÓN & PETERSON, 2005) (Ver Figura N°3A):

- a. Las condiciones abióticas sean favorables, estas se dan en la región "A".
- b. Un conjunto adecuado para las especies está presente, por ejemplo, alimentos, polinizadores, dispersores de semillas, micorrizas, etc., y están ausentes, por ejemplo, competidores fuertes, enfermedades, depredadores especializados, etc., condiciones que se dan en la región "B". Representa la región en la que cabría de esperar fuertes interacciones interespecíficas, necesarias para que la presencia de una especie pueda cumplirse, determinada principalmente por factores *eltonianos*.

La intersección de A y B es la parte del espacio geográfico en la que, las condiciones abióticas son adecuadas para el crecimiento positivo de la población de la especie; los mutualistas necesarios están presentes y el conjunto de los competidores, depredadores y enfermedades, no impediría la aptitud positiva. $A \cap B$ es entonces la expresión geográfica del nicho fundamental de la especie.

c. Las especies estarán presentes sólo en una región "M", que es accesible por las especies desde las áreas de distribución establecidas en el tiempo ecológico.

Este diagrama expresa que las poblaciones estables de una especie se encontrarán sólo en la región de intersección de B, A, y M, a la que llaman "G_o", que define el área de distribución "real" de las especies, o "nicho realizado", es decir, donde se encuentra la especie. Por otra, parte "G_i", representa un área potencialmente invadible (que tiene las condiciones bióticas y abióticas correctas, pero que sigue estando a un alcance exterior, por estar fuera de la región "M") (SOBERÓN & PETERSON, 2005; SOBERÓN & NAKAMURA, 2009).

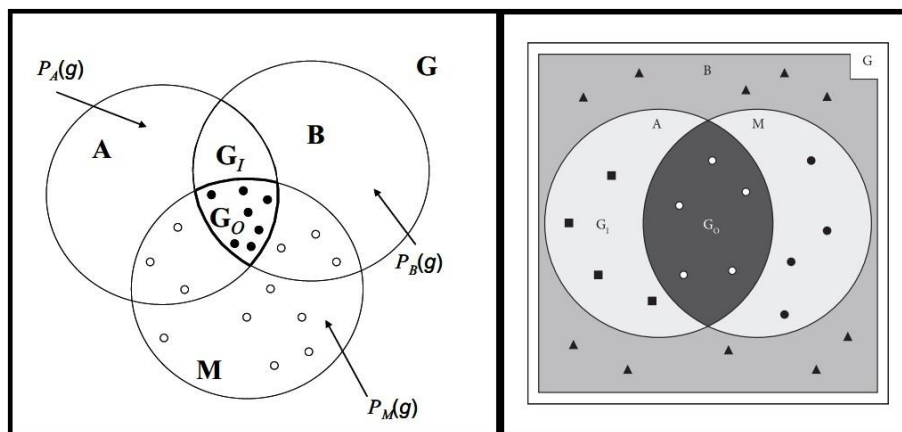


Figura N° 3: A (IZQ) Diagrama BAM. Fuente: extraído de SOBERÓN & PETERSON, 2005; citado en SOBERÓN & NAKAMURA, 2009. B (DER): Diagrama BAM. Fuente: extraído de PETERSON & SOBERÓN, 2012.

ii. Un trabajo más actualizado, vuelve a utilizar el diagrama BAM (Ver Figura N°3B), con el fin de comprender la ubicación de los factores que determinan la distribución geográfica de las especies, y que se han conocido y discutido por muchas décadas (PETERSON & SOBERÓN, 2012; SAUPE *et al.*, 2012). La explicación a esta nueva visualización del diagrama BAM, se encuentra en que esta configuración puede ser más relevante para problemas geográficos generales sobre la distribución geográfica de las especies (PETERSON & SOBERÓN, 2012). Es decir, las consideraciones bióticas pueden, con frecuencia, ser difusas y no limitativas, o pueden manifestarse a resoluciones espaciales tan finas como para ser ubicadas dentro de los fenómenos de resolución gruesa, que son el foco de la mayoría de los estudios de MDE (SOBERÓN, 2007), de ahí el hecho de que la variable biótica subyaga a los subconjuntos Abióticos y de Movimiento. Por lo tanto, en esta nueva visualización, es modificada la ubicación del resto de los factores en el diagrama, ya que “G_o” pasa a estar representado sólo por la intersección entre A y M; y “G_i”, el área potencialmente invadible, queda representada por el resto de la región “A”, no accesible a la especie, pero siempre considerando lo Biótico en el Espacio Geográfico (G). Esto quiere decir, que los registros de presencia de las especies estarían representados dentro de G_o, en donde efectivamente se encuentran y fueron colectados, y a través de los MDE, se podrían obtener áreas de distribución en donde la especie potencialmente podría habitar, dentro de G_o y en G_i, es decir, el nicho fundamental de la especie.

Las regiones en el diagrama de BAM representan una visión estática de un modelo complicado, espacialmente explícito, pero su simplicidad es útil en la discusión de varios problemas conceptuales. Los diferentes sub-campos del nicho o modelado de distribuciones representan diferentes enfoques para estimar las regiones en el diagrama de BAM y/o sus características ambientales correspondientes (SOBERÓN & NAKAMURA, 2009). La evolución del concepto de nicho ecológico, es clave para el nacimiento de los modelos de distribución de especies, que serán analizados más adelante, los cuales generan mapas de distribución de especies, que son fundamentales para muchos aspectos de la planificación y la gestión de la conservación (WHITTAKER *et al.*, 2005).

2.1.4 Conservación de la biodiversidad, biología y biogeografía de la conservación

La Convención sobre la Diversidad Biológica (1992) subdivide el concepto de conservación en dos. Por un lado, la "conservación *ex situ*", que se entiende como la conservación de los componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitats naturales; y por otra parte, la "conservación *in situ*", que se entiende como la conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales, y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas (CDB, 1992). Mundialmente la forma más común de conservación *in situ* ha sido el establecimiento de áreas protegidas. De este modo, las áreas protegidas contienen

ecosistemas terrestres y/o marinos en donde se conserva por tiempo indefinido la diversidad biológica y otros recursos naturales, al igual que las características culturales asociadas a ellos (MMA, 2011). El CBD también define el concepto de biodiversidad o diversidad biológica como, “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprendiendo la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas” (CDB, 1992; TACÓN, 2004). Motivada por la conservación de la naturaleza, la biología de la conservación es el nombre dado a la investigación aplicada, diseñada para informar las decisiones de gestión relativas a la conservación de la biodiversidad (WHITTAKER *et al.*, 2005). El desarrollo y la evaluación de la teoría biológica es un campo grande, pero sí subdividido por escala de aplicación, reconociéndose las siguientes subdivisiones (WHITTAKER *et al.*, 2005):

i. Abarca la población biológica y el proceso genético, y se preocupa de las poblaciones viables mínimas, la erosión genética de poblaciones pequeñas, la influencia competitiva de las especies invasoras, la ecología del comportamiento, etc., es decir, trata con los procesos en los que la biogeografía, en general, no es prominente (PRIMACK, 2002, en WHITTAKER *et al.*, 2005).

ii. Abarca la teoría sobre los procesos a escala local-paisaje, incluyendo la influencia fundamental de la teoría dinámica de la biogeografía de islas de MacArthur y Wilson, corredores de hábitat, la teoría de meta-población y anidamiento, entre otras: es decir, un puente entre la ecología y la biogeografía (WHITTAKER, 1998, en WHITTAKER *et al.*, 2005).

iii. Abarca aplicaciones a una escala aún mayor, que en parte tienen que ver con la cartografía y el modelado de los patrones biogeográficos y, además invocan la teoría biogeográfica histórica que se ocupa de la distribución y la explicación de los patrones geográficos en la diversidad (WHITTAKER *et al.*, 2005); es decir, es en donde se acerca más a la biogeografía en sí, debido a su mayor escala de análisis.

La biogeografía de la conservación, sub-disciplina en la cual se enmarca la presente investigación, se definió formalmente por WHITTAKER *et al.*, (2005) como la aplicación de los principios biogeográficos, teorías y análisis (siendo los relacionados con la dinámica de distribución de taxones), a los problemas relativos a la conservación de la biodiversidad. El campo tiene como objetivo apoyar las prácticas de conservación, proporcionando mejores conocimientos teóricos y métodos prácticos para las muchas acciones que necesitan realizar los gestores de la conservación: diseñar redes de reservas, planificar e implementar la restauración ecológica, el manejo de especies invasoras, reintroducir especies donde y cuando lo consideren necesario y apropiado (RICHARDSON & WHITTAKER, 2010). La conjunción de las palabras conservación y biogeografía parece haber surgido en una reunión anterior a la primera conferencia de la Sociedad Internacional de Biogeografía (IBS, celebrada en 2003). La biogeografía de la conservación, por lo tanto, es una ciencia interdisciplinaria, con elementos y principios de ambas: biogeografía y

biología de la conservación (WHITTAKER *et al.*, 2005), que se ocupa de la conservación de la naturaleza. Los modelos de distribución de especies/ecosistemas se han transformado en una de las áreas de investigación con mayor desarrollo en el campo de la biogeografía de la conservación (RICHARDSON & WHITTAKER, 2010).

2.2 Modelos de distribución de especies: funcionamiento, evaluación y limitaciones

En el siglo XX, a finales de la década de los 70, comienzan a aparecer los primeros modelos teóricos en los cuales se buscaba definir el nicho ecológico en términos de su distribución espacial. Durante la década de los 80, comienzan a generarse las primeras aproximaciones con carácter predictivo a distintos niveles de organización (especies, comunidades) (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). Con el inicio de la masividad de los Sistemas de Información Geográfica en los años 90, y la mayor disponibilidad y manejo de grandes bases de datos, se dispone de nuevas herramientas para proyectar en el espacio ecológico y geográfico los modelos estadísticos de nicho. Es así como comienzan a surgir distintas aproximaciones estadísticas y programas computacionales que permiten determinar la distribución espacial de las especies y ecosistemas, basándose en datos de presencia/ausencia (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000; GUIBAN & THUILLER, 2005; ELITH & LEATHWICK, 2009; PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a; MATEO *et al.*, 2011).

2.2.1 ¿Qué son los modelos de distribución de especies?

Se define un “modelo” como una representación parcial de la realidad que refleja algunas de sus propiedades. Estos son simplificaciones, debidas tanto a la necesidad de reducir la complejidad del objeto real como a nuestro desconocimiento de muchas de sus propiedades (MATEO *et al.*, 2011). Por otro lado, el concepto de “área de distribución”, que como ya se ha mencionado, recoge ideas de la ecología teórica, que no considera el espacio geográfico como el puro soporte físico de la biosfera, sino como un elemento de un sistema cuyas partes se ajustan y se modifican mutuamente; se define como “aquella fracción del espacio geográfico donde una especie está presente, interactuando en forma no efímera con el ecosistema” (ZUNINO & PALESTRINI, 1991, en ZUNINO & ZULLINI, 2003). Por lo tanto, los modelos de distribución de especies son representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación (MATEO *et al.*, 2011). Es decir, los MDE son modelos empíricos que relacionan las observaciones de campo a las variables de predicción del medio ambiente, a partir de superficies de respuesta, derivadas estadística o teóricamente (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000).

2.2.2 ¿Cómo modelar la distribución de las especies?

Para construir un modelo de distribución de especies se deben seguir ciertos pasos. Si bien estos se verán en mayor profundidad en el siguiente capítulo, a continuación serán resumidos de una manera general (Ver Figura N°4). En primer lugar, los datos conocidos sobre la distribución del organismo (presencias/ausencias) se asocian matemática o estadísticamente con diferentes variables independientes que describen las condiciones ambientales (MATEO *et al.*, 2011). Es decir, se utilizan dos tipos de fuentes de información: los datos de presencia (y ausencia) de la especie que se quiere modelar y las variables descriptoras que definirán el espacio ambiental, donde se distribuirá en el espacio geográfico. La técnica de modelación seleccionada establecerá una relación entre la posición geográfica de la información de presencia o ausencia y el rango de valores del conjunto de variables donde se ubican estos puntos (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). De existir, esta relación se extrapola al resto del área de estudio y se obtiene un valor en cada lugar, que suele interpretarse como la probabilidad de presencia de la especie en ese punto (MATEO *et al.*, 2011).

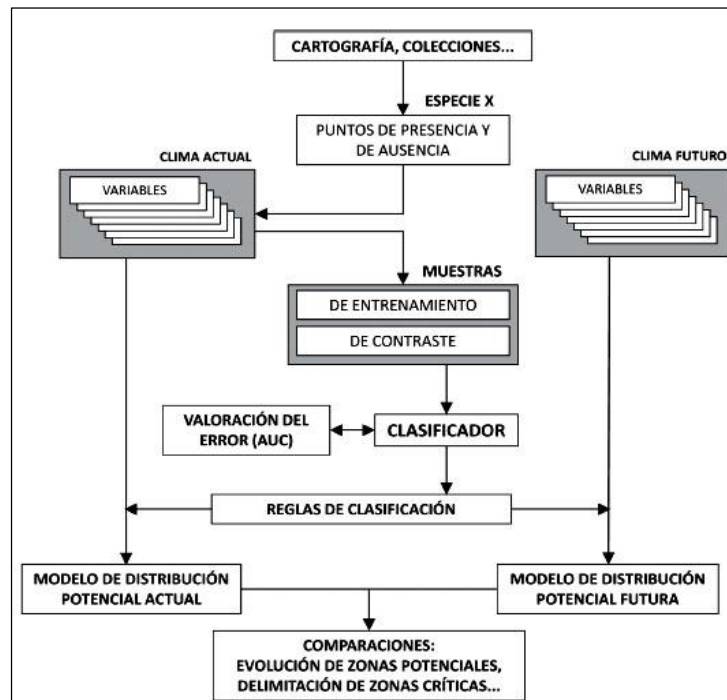


Figura N° 4: Esquema de flujo de trabajo para la realización y validación de modelos de distribución de especies. Fuente: extraído de MATEO *et al.*, (2011).

i. Variables dependientes, los datos de presencias (y ausencias): a menudo son sólo los datos de presencias los considerados para elaborar los MDE, aunque existen técnicas de modelación que incorporan también las ausencias, lo que permite una mejor discriminación de las variables descriptoras y por lo tanto un mejor ajuste final del modelo (PLISCOFF &

FUENTES-CASTILLO, 2011a). Algo muy importante a considerar es el número mínimo de presencias que debe conseguirse para un correcto modelado. Criterios de números mínimos para obtener modelos estadísticamente robustos se han planteado en la literatura, por ejemplo, se ha establecido que sobre 30 registros por especie, se pueden obtener modelos estadísticamente válidos (WISZ *et al.*, 2008), aunque el mínimo de presencias dependerá de la base de datos que se posea, la técnica de modelación utilizada, y el objetivo perseguido con el modelado. Los datos de presencia se pueden obtener de diversas formas (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a):

a. Generando información en terreno, mediante GPS u otras herramientas de adquisición de datos. Cuando existe la posibilidad de levantar información de la presencia del organismo que se quiere modelar, es necesario fijar una correcta estrategia de muestreo. La definición de cómo levantar los datos tiene un efecto directo en el desempeño final del modelo.

b. Recurriendo a fuentes directas de información de especies, como lo son museos o herbarios (GUISAN & THUILLER, 2005).

c. Recopilando información de forma indirecta, mediante el uso de bases de datos de libre acceso. Un ejemplo de esto es la base de datos mundial, GBIF, que recopila la información de colectas para todo tipo de organismos, desde diferentes fuentes (museos, herbarios, artículos, entre otros). Se debe tener mucho cuidado con utilizar información de bases estandarizadas, ya que suelen poseer criterios mínimos de revisión, lo que genera tanto errores de tipo taxonómico (correcta identificación) como también geográficos (errores en la localización) (NEWBOLD, 2010, en PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a; MATEO *et al.*, 2011). Lógicamente los datos no deben ser aceptados sin más, sino que hay que someterlos a revisiones para eliminar, al menos, los errores groseros en las coordenadas debidos a fallos de tecleo o de interpretación (MATEO *et al.*, 2012).

ii. Variables independientes, los predictores ambientales: el elegir un número de variables adecuado y que releven la información más importante de la entidad natural analizada, es quizás el paso más crítico en el proceso de los modelos de distribución, ya que las variables que se deben utilizar dependen del tipo de especie que se esté analizando y de los objetivos que busca la identificación y caracterización del espacio ambiental donde se distribuye (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). Las relaciones entre las especies y el medio abiótico son una de las causas de los patrones espaciales de distribución, lo que hace que la distribución de los organismos sea descrita razonablemente bien por factores climáticos a escalas espaciales amplias, de kilómetros. Sin embargo, a escalas menores, cientos de metros o menos, es probable que la distribución responda a factores como la distribución de recursos y variaciones micro-topográficas en las condiciones ambientales (MATEO *et al.*, 2011). Existen distintos tipos de variables que se utilizan comúnmente (MATEO *et al.*, 2011):

a. Las variables climáticas (bioclimáticas), generadas normalmente a partir de la interpolación de datos de estaciones climatológicas y utilizando la elevación como co-

variable (MATEO *et al.*, 2011), son las más utilizadas, independiente del tipo de entidad natural, principalmente por la facilidad de su obtención, ya que existen bases de datos globales a alta resolución (~1 km) de libre acceso y uso. Una de las estrategias de selección más utilizada es trabajar con un set de variables bioclimáticas predefinidas, como es el caso de las 19 variables bioclimáticas, disponibles en la base de datos global de superficies climáticas *Worldclim*. Estas superficies climáticas cuentan con una resolución espacial de 1 km y corresponden a índices bioclimáticos que tienen relevancia directa en la ecología de las especies vegetales (BUSBY, 1991, en PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a).

b. Información sobre edafología, litología y geología, que representan la dependencia de la vegetación con el tipo de sustrato.

c. Elevación y variables derivadas, tanto topográficas (pendiente, curvatura o rugosidad), micro-climáticas (radiación solar potencial), como hidrológicas (red de drenaje o flujo potencial).

d. Variables obtenidas mediante teledetección, como índices de vegetación, temperatura en superficie o clasificaciones de la cubierta del suelo.

e. Variables de tipo demográfico y de ocupación del espacio, como índices de población, accesibilidad, densidad o proximidad a vías de comunicación, que son útiles como indicadores del grado de influencia antrópica (MATEO *et al.*, 2011).

2.2.3 Técnicas de modelación

Los modelos de distribución de especies pueden generarse, en principio, con cualquier clasificador estadístico apropiado para el tipo de variable modelizada, dicotómica si se cuenta con datos de presencia/ausencia, y continua si son datos de abundancia (MATEO *et al.*, 2011). PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO (2011a) distinguen cinco grandes familias de técnicas de modelación de la distribución geográfica de las especies/ecosistemas, las relacionadas a:

i. Modelos estadísticos de regresiones (GLM, GAM): que permiten establecer de forma clara el modelo estadístico que describe la relación entre las variables descriptivas y la presencia conocida de las especies/ecosistemas. Además, en evaluaciones comparativas entre técnicas de modelación, estos métodos han sido identificados como una de las técnicas de mejor resultado en la proyección sobre el espacio geográfico del modelo final (ELITH *et al.*, 2006).

ii. Métodos de clasificación (RF, BRT): se basan en clasificaciones basadas en reglas, donde se asigna una clase para cada combinación de las variables predictivas que generan el modelo de distribución (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000). Han sido identificados como los modelos con mejores resultados al momento de discriminar la importancia de las variables para la definición del modelo final, pero a su vez, la caracterización del conjunto de reglas que define el modelo final es muy compleja, por lo que se hace difícil de interpretar (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a).

iii. Métodos de "sobre" (BIOCLIM, ENFA): se basan en el establecimiento de combinaciones de rangos de valores mínimos y máximos, entre las variables utilizadas para la definición del nicho. Donde se define un espacio o "sobre" en que se da la combinación de valores deseada, dentro del espacio n-dimensional de las variables (BUSBY, 1991; en PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a).

iv. Métodos basados en algoritmos específicos (GARP, MAXENT): En los últimos años ha tomado fuerza el uso de técnicas basadas en algoritmos específicos, los que han significado un aumento exponencial en el número de publicaciones y estudios asociados a la modelación de la distribución geográfica de las especies y ecosistemas, por la facilidad de su aplicación y la rapidez con que se pueden obtener resultados (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). El software *Maxent* es un ejemplo de este tipo de método, el cual será explicado posteriormente con mayor detalle, pues será la técnica de modelación utilizada en la presente investigación.

v. Métodos de ensambles de técnicas (BIOMOD): los modelos de consenso nacen con el objetivo de disminuir las incertidumbres asociadas a los modelos de distribución, especialmente en relación a la validez estadística de los resultados (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a).

2.2.4 Evaluación de los modelos de distribución de especies

La evaluación de los modelos de distribución de especies se enfoca en la caracterización de la confiabilidad de los resultados de los modelos, más que en la definición de uno como correcto o incorrecto (ALLOUCHE *et al.*, 2006; PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). La evaluación del resultado final de un modelo de distribución de especies y la comparación entre los diferentes métodos aplicables al problema se realiza mediante estadísticos que miden el desempeño y la consistencia del modelo en cuanto a su capacidad de discriminar entre los datos de entrada (presencias y ausencias, o pseudo-ausencias) y datos independientes de contraste (MATEO *et al.*, 2011).

Los modelos de distribución basados en presencia-ausencia habitualmente se evalúan utilizando una muestra de evaluación independiente de la utilizada para entrenar los modelos compuesta por registros de presencia-ausencia independientes de los utilizados para el entrenamiento de los algoritmos (BENITO & PEÑAS, 2007). A partir de esta muestra de evaluación pueden calcularse: a) los casos correctamente clasificados, que son verdaderos positivos cuando el modelo predice presencia y ésta es confirmada por las presencias de la muestra de evaluación y verdaderos negativos cuando el modelo predice ausencia y ésta es confirmada por las ausencias de la muestra de evaluación; y b) los casos erróneamente clasificados, que son falsos positivos cuando el modelo predice presencia y la muestra indica ausencia (error de comisión), y falsos negativos, cuando el modelo predice ausencia y la muestra indica presencia (error de omisión) (BENITO & PEÑAS, 2007). El último es desde luego un error mucho más criticable en un modelo, ya que es un error del

que hay total certeza, mientras que del de comisión no se puede estar seguro si no hay validación de campo; al fin y al cabo predecir presencias en donde no se sabe con certeza si vive un organismo es el objetivo de hacer modelos (MATEO *et al.*, 2011).

FIELDING & BELL y JOHNSON & OMLAND (1997, 2004, respectivamente, en MATEO *et al.*, 2011), proporcionan buenas revisiones de los diferentes estadísticos utilizables para evaluar la calidad de los modelos: ROC (*Receiver Operating Characteristics*), AUC (*Area Under the Curve*), validación cruzada, *bootstrapping*, kappa de Cohen, análisis de correlación, etc. El estadístico más empleado en la bibliografía (MATEO *et al.*, 2011), es el AUC o área bajo la curva ROC (HANLEY & MCNEIL, 1982, en BENITO & PEÑAS, 2007), procedente del procesamiento de señales de radar, que ha sido aplicada con éxito a la evaluación de modelos de distribución basados en algoritmos de presencia-ausencia y en algoritmos de sólo presencias (PHILLIPS *et al.*, 2006). La construcción de la curva ROC es un proceso iterativo aplicado a cada umbral de idoneidad del modelo: el modelo de distribución se reclasifica en dos categorías a partir del umbral, para obtener un modelo binario, en el que los valores del modelo original inferiores al umbral indican ausencia y los valores iguales o superiores al umbral indican presencia (BENITO & PEÑAS, 2007). En otras palabras, la curva ROC es la representación gráfica de la capacidad discriminativa de un modelo para todos sus posibles puntos de corte, y necesita que los datos que se evalúan sean de presencia/ausencia (o pseudo-ausencias). El eje de ordenadas (Y) representa el error de omisión, ya que corresponde a la sensibilidad o casos positivos bien clasificados, y el de abscisas (X) al error de comisión, ya que representa el complementario de la especificidad (1 - especificidad), o falsos positivos (MATEO *et al.*, 2011). La precisión de un modelo es mayor cuando la proporción de positivos verdaderos es mayor a la de positivos falsos, lo que se expresa gráficamente en una curva que mientras mayor sea su precisión, más se acercará a la esquina superior izquierda del gráfico, generando un “área de curva” mayor (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a) (Ver Figura N°5).

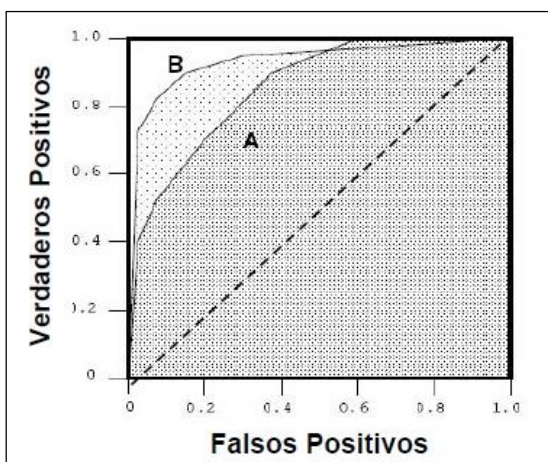


Figura N° 5: Representación del área bajo la curva (AUC) de dos clasificadores diferentes A y B. La diagonal representa la estimación aleatoria (FAWCETT, 2004; en MARQUET *et al.*, 2014). Fuente: extraído de MARQUET *et al.*, (2014).

El valor de AUC está comprendido entre 0 y 1; un valor de 1 indica que todos los casos se han clasificado correctamente y uno de 0.5, que el modelo no es diferente de clasificar los casos al azar; valores menores a 0.5 indican que el modelo es realmente malo, ya que clasifica erróneamente más casos que el azar (MATEO *et al.*, 2011). Se estima que valores sobre 0.9 de AUC dan cuenta de modelos con alta precisión y valores entre 0.7 y 0.9 indican modelos con buena precisión (THULLIER *et al.*, 2009), pero se debe tener en cuenta que el valor del AUC depende del número de presencias y del tamaño total del área de estudio (LOBO *et al.*, 2008, en PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a).

2.2.5 Limitaciones de los modelos de distribución de especies

Los MDE reflejan una representación parcial de la realidad, correspondiente a la distribución de las especies, que a su vez es un proceso espacio-temporal muy complejo (MATEO *et al.*, 2011). Debido a esto es que ellos no están exentos de algunas limitaciones en su uso. GUIGAN & THULLIER (2005) y MATEO *et al.*, (2011, 2012), ahondan en algunas de las limitaciones de los modelos de distribución de especies, que en mayor medida se han abordado en la literatura, entre las que se encuentran las siguientes:

a. Hipótesis de pseudoequilibrio y representatividad: en la construcción de estos modelos se asume que la especie o formación, está en equilibrio o pseudo-equilibrio con las condiciones ambientales actuales (ARAÚJO & PEARSON, 2005). Esta premisa supone asumir que la distribución de las especies y sus relaciones con las variables ambientales son estables en el tiempo y el espacio, algo que normalmente se desconoce, al igual que se ignora cómo afectarían al modelo las desviaciones con respecto al equilibrio (MATEO *et al.*, 2011, 2012). La misma consideración del pseudo o no-equilibrio también se aplica al modelado de la propagación de especies invasoras. Muchas especies invasoras no están en equilibrio con el medio ambiente en el rango invadido, y por lo tanto se representarán, preferiblemente usando su distribución en el área de distribución natural (PETERSON, 2003, en GUIGAN & THULLIER, 2005).

b. Relaciones bióticas: la distribución de las especies responde a procesos complejos donde las relaciones bióticas tienen una gran influencia. Por ejemplo, la competencia interespecífica puede ocasionar que las especies no ocupen más que una parte del área de distribución potencial (PEARSON & DAWSON, 2003; en MATEO *et al.*, 2012). Este factor no se toma en consideración en la mayoría de los trabajos, sobre todo por el desconocimiento casi universal de estas relaciones y de su dinámica (MATEO *et al.*, 2011, 2012).

c. Ausencia de la componente temporal en el proceso: los modelos son fotografías fijas de un instante y no reflejan ningún proceso histórico, ni pueden contemplarlo en sus reglas ni en sus clasificadores. Por este motivo no es posible tener en cuenta con facilidad factores históricos como eventos geológicos, antropogénicos o climáticos que han sucedido en el pasado (SVENNING & SKOV, 2006, en MATEO *et al.*, 2011, 2012).

d. Barreras biogeográficas: es frecuente encontrar zonas potencialmente idóneas separadas por grandes barreras biogeográficas. La especie está presente solamente en una de esas zonas, mientras que la otra puede considerarse inaccesible a pesar de sus buenas condiciones ambientales. En el caso de las especies invasoras, estas barreras biogeográficas son superadas, normalmente por intermediación humana (MATEO *et al.*, 2012).

e. Dificultad de hacer modelos fiables para especies generalistas: los modelos realizados para especies de distribución restringida son más fiables, a igual número de presencias, que los realizados con especies de amplia distribución, debido a que en una especie generalista el rango de valores para cada variable obtenido con un número limitado de presencias es muy amplio, mientras que para las especies de distribución restringida las condiciones ambientales están muy claramente definidas por el mismo número de presencias, ya que el rango de valores es mucho menor (MATEO *et al.*, 2011).

f. Consideraciones de escala: un primer desajuste posible puede ocurrir entre la resolución en la que los datos de especies fueron tomados (por ejemplo, tamaño del plano en los estudios de campo) y la resolución en la que los predictores del medio ambiente están disponibles. De manera óptima, ambos deberían ser el mismo, pero esta coherencia no siempre es posible. Además, los patrones de distribución observados en una escala podrían no ser evidentes en otra escala. VAN HORN (2002) ilustra cómo una medida excesivamente restringida puede conducir a una interpretación incorrecta si se muestrea sólo una parte de un importante gradiente ambiental, por ejemplo, cuando se utilizan límites político-administrativos en lugar de los límites naturales (por ejemplo, incluyendo una entera gama de especies) (GUISAN & THUILLER, 2005).

Como se puede destacar, son muchas las limitaciones a las que se deben enfrentar los modeladores de distribución de especies, las cuales pueden verse solucionadas mediante la elección de diversas estrategias, las cuales se encuentran enlistadas para una mayor profundización en MATEO *et al.*, (2011), y además, presentadas en las discusiones de la presente investigación. El investigador debe evaluar los problemas a los que se enfrenta y verificar cuáles estrategias va a utilizar, solas o combinadas, para evitar los problemas con los que se enfrente (MATEO *et al.*, 2011).

2.3 La importancia de la evolución climática y biogeográfica en la conformación de los bosques del Sur de Sudamérica

Chile se extiende por 4337 km a lo largo del margen sur-occidente de América del Sur, desde los máximos del Altiplano en los 17°35'S, hasta Tierra del Fuego, las islas Diego Ramírez y el Cabo de Hornos, alrededor de los 56°S. El margen y frontera oriental del territorio de Chile es la cordillera de los Andes (MOREIRA-MUÑOZ, 2011). Contrariamente a la larga extensión latitudinal, en anchura Chile rara vez se extiende más de 200 km, alcanzando un máximo de 360 km en Mejillones (23°S) y un mínimo de 90 km

en Illapel ($31^{\circ}37'S$). La diferencia de altitud desde la costa hasta los Andes crea una serie de variaciones bioclimáticas en el perfil altitudinal. Estas variaciones, junto con el gradiente latitudinal climático, crean una variedad de condiciones geográficas que afectan drásticamente la vegetación chilena desde el norte árido a los bosques templados húmedos del sur (MOREIRA-MUÑOZ, 2011). La frontera del país hacia el oeste es el gran Océano Pacífico, que contiene varios grupos de islas oceánicas bajo jurisdicción chilena. Además de esto, Chile tiene un reclamo geopolítico en una parte de 1250000 km^2 en la Antártida, que es de gran interés en relación con el origen mundial de la vegetación chilena (VILLAGRÁN & HINOJOSA, 2005; MOREIRA-MUÑOZ, 2011), lo que será destacado posteriormente.

Cabe destacar a las principales estructuras geomorfológicas del relieve de Chile (Ver Figura N°6) (WEISCHET, 1970, CHARRIER *et al.*, 2007, STERN *et al.*, 2007, PANKHURST & HERVÉ 2007, FOSDICK, 2007, en MOREIRA-MUÑOZ, 2011):

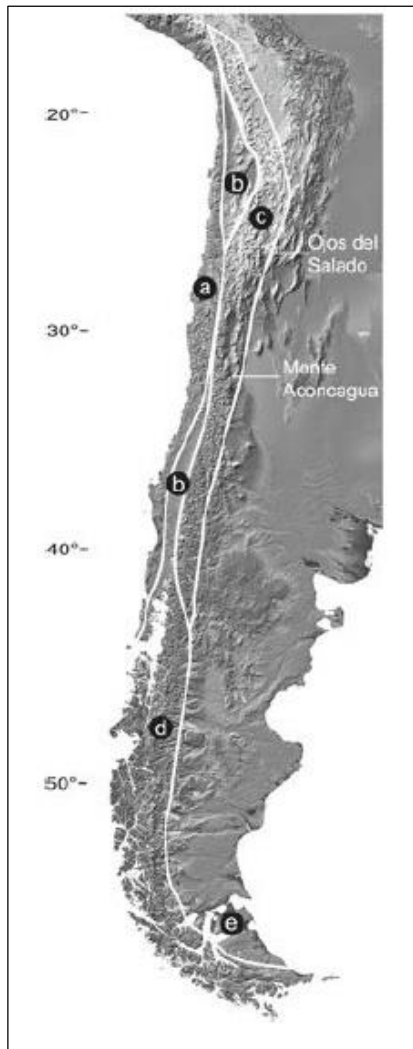


Figura N° 6: Fisiografía de Chile Continental. Fuente: extraído de MOREIRA-MUÑOZ, 2011.

a) La cordillera de la Costa ocupa la parte occidental del perfil, desde los $18^{\circ}S$ hasta la Isla de Chiloé ($\sim 42^{\circ}S$); aunque algunas fuentes de información la prolongan hasta la Península de Taitao ($\sim 46^{\circ}S$). Esta comprende el batolito costero que consiste predominantemente de rocas ígneas del Paleozoico y Mesozoico. También en la parte occidental del perfil se pueden destacar las planicies litorales, que es una zona plana comprendida entre la línea de altas mareas y los faldeos de la cordillera de la Costa.

b) La Depresión Intermedia es un territorio bajo tectónico, con un relleno sedimentario del Mesozoico al Cuaternario, de origen volcánico, glacial y fluvial. Esta región principalmente agrícola y urbanizada, oscila entre los $18^{\circ}S$ a Copiapó ($27^{\circ}S$), y de nuevo desde Santiago ($33^{\circ}S$) a Chiloé ($42^{\circ}S$), estando ausente entre los 27° y los $33^{\circ}S$, en la llamada zona de valles o cordones transversales, el llamado "Norte Chico".

c) La cordillera de los Andes es una cadena de montañas que data del Mioceno, y que permanece emergiendo. Se puede subdividir en tres segmentos: Antearco Precordillera y Cordillera Occidental, entre los 18° y los $27^{\circ}S$; Alta Cordillera de los Andes, entre los 27° y los $33^{\circ}S$, y Cordillera Principal, entre los 33° y los $42^{\circ}S$.

d) La cordillera Patagónica es la continuación de los Andes en la Tierra del Fuego, en el extremo sur de Chile, con una reducción continua de su altitud. El margen suroeste del territorio (42° al sur) es modelado por las glaciaciones recientes que tallaron las zonas costeras en los fiordos y archipiélagos que comprenden miles de pequeñas islas.

e) El promontorio andino de la cuenca sur de la Cordillera Patagónica o Magallanes consiste en depósitos sedimentarios del Jurásico Superior al Cenozoico Inferior.

La principal característica de los paisajes chilenos está impulsada por la fuerte tectónica. La evolución geológica de Chile está relacionada con la subducción dirigida hacia el este, de la Placa de Nazca debajo de la Placa Sudamericana; que es acompañada por una intensa actividad sísmica y magmática (ORME, 2007). Además, otra de las características evidentes de Chile, y en general de los bosques del sur de Sudamérica, son las notables disyunciones florísticas que exhiben (VILLAGRÁN & HINOJOSA, 1997). En efecto, los géneros de estos bosques no presentan relaciones fitogeográficas con los ecosistemas adyacentes, sino con distantes territorios del planeta, tales como Australasia, región separada actualmente por cerca de 10000 km de océano; y con bosques subtropicales de Sudamérica, separados por cordilleras de hasta 6000 m de altitud y por los más de 1000 km de ecosistemas xéricos distribuidos a lo largo de la “Diagonal Árida”. La flora de los bosques del sur de Sudamérica está compuesta por 5 elementos fitogeográficos: Endémico, Neotropical, Australasiano-Austral/Antártico, Pantropical y Amplio (VILLAGRÁN & HINOJOSA, 1997). Uno de los rasgos más notables de la flora de los distintos tipos de bosques del sur de Sudamérica es la mezcla de elementos fitogeográficos endémicos, tropicales y austral-antárticos, que no se segregan latitudinalmente. El área de máxima concentración de los distintos elementos fitogeográficos corresponde a las zonas climáticas mediterránea y transición mediterráneo-templada (30°-42°S) (VILLAGRÁN & HINOJOSA, 1997).

2.3.1 Clima y vegetación pasados del sur de Sudamérica

i. La importancia del continente gondwánico en la evolución geológica y biogeográfica del Sur de Sudamérica

Los procesos tectónicos y geomorfológicos, junto con el sistema oceánico-atmosférico, han tenido enormes efectos sobre la evolución botánica y su expresión fisonómica (es decir, la vegetación). La historia florística y vegetacional del sur de Sudamérica está fuertemente relacionada a la historia tectónica y climática del continente de Gondwana (MCLOUGHLIN 2001, en MOREIRA-MUÑOZ, 2011). Durante los 500 millones de años que Gondwana y sus fragmentos existieron, el sistema climático planetario ha pasado de condiciones “*Ice House*” a condiciones “*Hot House*” cuatro veces (SCOTESE *et al.*, 1999, en MOREIRA-MUÑOZ, 2011). Estas fluctuaciones climáticas globales han afectado constantemente la evolución biótica y a la biogeografía; regiones florísticas se pueden rastrear hacia atrás hasta mediados y finales del Silúrico, el momento en que de acuerdo con la mayor evidencia paleobotánica, las plantas vasculares habrían conquistado la superficie terrestre (WILLIS & MCELWAIN 2002, RAYMOND *et al.*, 2006, en MOREIRA-MUÑOZ, 2011).

La mayoría de los autores reconocen tres grandes eventos de separación de Gondwana que afectaron a la evolución de la flora de América del Sur (Ver Figura N°7). Estas edades

sirven como referencia; pero no existe un consenso real en el momento de la fragmentación de los diferentes componentes. La separación crucial de Australia de la Antártida, de América del Sur de la Antártida, y el desarrollo del Pasaje de Drake sigue siendo un tema polémico (MOREIRA-MUÑOZ, 2011). Es importante considerar la evolución geológica de Gondwana, ya que esta explicaría la presencia de especies nativas chilenas y argentinas, en países de Oceanía. Las conexiones con Australia y Nueva Zelanda, que existían mientras el territorio formaba parte de Gondwana, están reflejadas en la presencia de géneros como *Nothofagus* (fagáceas), *Eucryphia* (eucrifíáceas), *Aristotelia* (elaeocarpáceas), *Hebe* (escrofulariáceas), *Luzuriaga* (luzuriagáceas) y *Berberidopsis* (berberidopsidáceas), entre muchas otras. Esta conexión se rompió con la desintegración del macrocontinente y la apertura del paso de Drake, que separó a Chile continental de la Antártica, hace poco menos de 29 millones de años (TEILLIER, 2008).

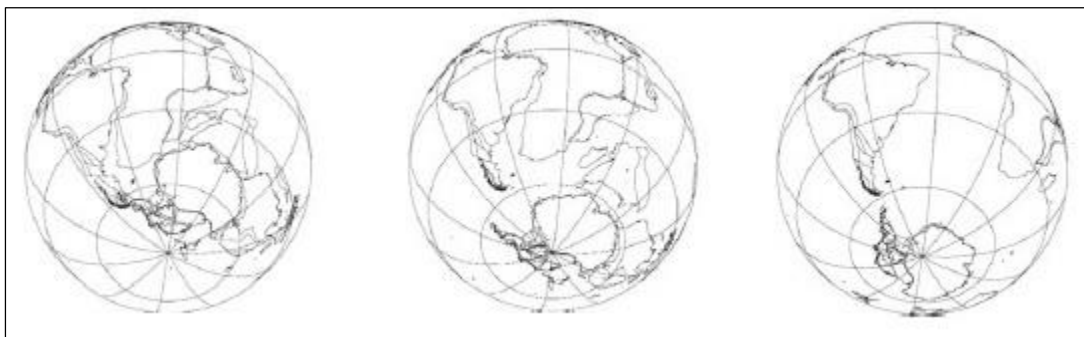


Figura N° 7: Las tres etapas más importantes en la ruptura de Gondwana. De izquierda a derecha: 1) separación entre el Oeste y el Este de Gondwana durante el Jurásico (180-150 millones de años); 2) la separación de América y África, entre los 119 y 105 millones de años, y 3) la división entre la Antártida y el sur de Sudamérica (32-28 millones de años) (MCLOUGHLIN, 2001, en MOREIRA-MUÑOZ, 2011). Fuente: extraído de MOREIRA-MUÑOZ, 2011.

ii. La importancia del surgimiento de la Diagonal Árida en la distribución actual de las especies del Sur de Sudamérica

El Cono sur de Sudamérica se encuentra singularizado por un marcado contraste climático y vegetacional entre ambas vertientes de la cordillera de los Andes, hecho que se manifiesta en la existencia de una franja continua de clima árido que cruza el continente en sentido NO-SE, la llamada “Diagonal Árida de Sudamérica” (GARLEFF *et al.*, 1991, VILLAGRÁN & HINOJOSA, 1997, GARLEFF & STINGL, 1998, ABRAHAM, 2000, en VILLAGRÁN & HINOJOSA, 2005) (Ver Figura N°8). Adicionalmente, las formaciones vegetales xerófitas a lo largo de esta franja climática, desconectan las formaciones forestales del continente con la región de los bosques del sur de Sudamérica. Estos últimos, luego de experimentar un prolongado aislamiento geográfico exhiben hoy como consecuencia, una biota de carácter relictual, rica en endemismos y géneros monotípicos, con una alta proporción de familias pero pobres en especies, posiblemente como resultado de extinciones provocadas por acontecimientos pre-glaciares (VILLAGRÁN & HINOJOSA, 2005). El desarrollo de la Diagonal Árida en el Neógeno, y el subsiguiente

proceso de paulatino aislamiento de los bosques australes de Sudamérica, es uno de los acontecimientos más significativos en la historia evolutiva-biogeográfica de la flora del Cono Sur. Por otra parte, la posición más o menos constante del centro de la Diagonal Árida de Sudamérica durante el Cuaternario (GARLEFF *et al.*, 1991, GARLEFF & STINGL, 1998, ABRAHAM, 2000, en VILLAGRÁN & HINOJOSA, 2005), sumada a los repetidos avances de glaciares andinos en las latitudes altas, y los cambios climático-vegetacionales y procesos edáficos asociados, han determinado en gran medida los patrones modernos de la distribución vegetal de Chile y Argentina (VILLAGRÁN & HINOJOSA, 2005).

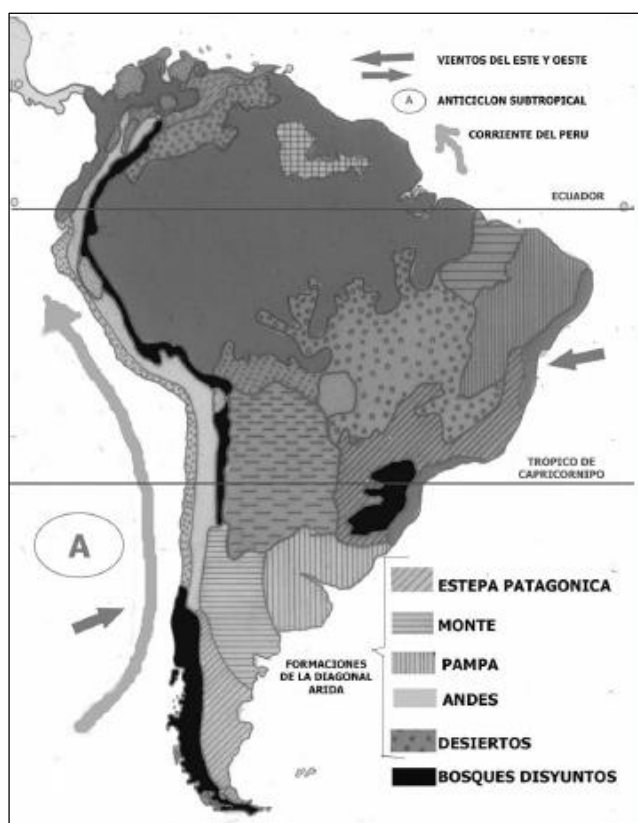


Figura N° 8: Distribución de las Formaciones Vegetales de Sudamérica. Se destacan las formaciones vegetales xéricas, a lo largo de la Diagonal Árida, las cuales separan los bosques del sur de Sudamérica de los restantes bosques subtropicales del continente (en negro). Fuente: extraído de VILLAGRÁN & HINOJOSA, 2005).

iii. La importancia de las glaciaciones del Pleistoceno en la distribución actual de las especies del Sur de Sudamérica

El final del Cenozoico, tradicionalmente tratado como el "Cuaternario", se ha dividido en dos épocas: el Pleistoceno (1.8 millones de años a 11500 años antes del presente) y el Holoceno (11500 años antes del presente, hasta el presente). El Pleistoceno se conoce ampliamente como la más reciente época de glaciaciones. El último ciclo de glaciación del Pleistoceno se conoce desde el sur de Chile como la glaciación Llanquihue, que se correlaciona con las glaciaciones *Weichseliense* y *Wisconsin* en el hemisferio norte, según datos del enfriamiento global (ANDERSEN *et al.*, 1995, LOWELL *et al.*, 1995, MORENO

et al., 2001, en MOREIRA-MUÑOZ, 2011). En Chile, las glaciaciones afectaron en cierta medida todos los ecosistemas que van desde el norte árido al sur húmedo (Ver Figura N°9).

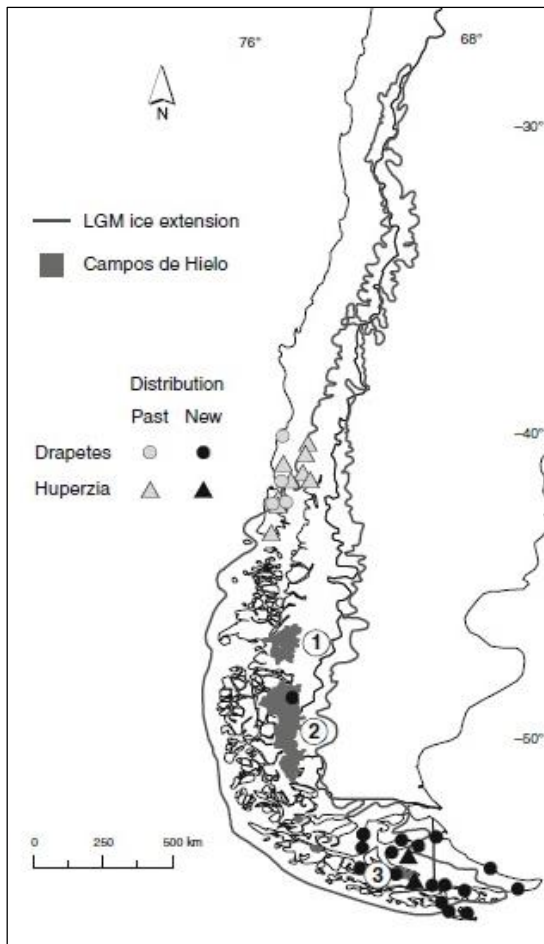


Figura N° 9: Último Máximo Glacial en el sur de Sudamérica. Se destaca su extensión mediante una línea continua, y los restos vivos de la glaciación generalizada: los Campos de Hielo, Norte y Sur (1,2: en gris), y la Cordillera de Darwin (3). Se destaca además la distribución de dos especies, *Huperzia fuegiana* (Lycopodiaceae) y *Drapetes muscosus* (Thymelaeaceae), pre y post periodo glacial. Fuente: extraído de MOREIRA-MUÑOZ, 2011.

Los efectos de la glaciación fueron especialmente drásticos desde los 42° (Chiloé) hacia el sur. Fueron los glaciares y las capas de hielo los que devastaron los bosques templados en el Último Máximo Glacial (UMG), entre 29400 y 14450 años antes del presente (MOREIRA-MUÑOZ, 2011). En el UMG, los efectos periglaciales como la soliflucción y la actividad glacio-fluvial también debiesen haber afectado a los Andes, la Depresión Intermedia, y la cordillera de la Costa entre los 39°S y los 43°S, afectando principalmente los bosques valdivianos y los bosques de hoja perenne norpatagónicos (HEUSSER 2003, en MOREIRA-MUÑOZ, 2011). Las condiciones glaciales obligaron a las formaciones forestales a migrar hacia el ecuador y a las líneas de árboles a bajar en altitud (VILLAGRÁN et al., 1998, HEUSSER, 2003, en MOREIRA-MUÑOZ, 2011), aunque otras especies como *Huperzia fuegiana* (Lycopodiaceae) y *Drapetes muscosus* (Thymelaeaceae) fueron empujadas hacia el sur y se restringen hoy a la Patagonia Austral (MOREIRA-MUÑOZ, 2011).

2.3.2 Clima y vegetación actual del sur de Sudamérica

LUEBERT & PLISCOFF (2006) realizaron una revisión sistemática de los diversos sistemas de clasificación bio-climáticos, KÖPPEN (1930), DI CASTRI (1968), QUINTANILLA (1974), DI CASTRI & HAJEK (1976), AMIGO & RAMÍREZ (1998), y los que además se refieren a aspectos vegetacionales, REICHE (1907), PISANO (1954), OBERDOFER (1960), SCHMITHÜSEN (1956), QUINTANILLA (1983) y GAJARDO (1994), que integrada al análisis de superficies climáticas globales en una plataforma basada en SIG, le permitieron a los autores generar la síntesis bioclimática y de vegetación más precisa hasta la fecha del territorio chileno (MOREIRA-MUÑOZ, 2011).

La clasificación considera los datos bioclimáticos y florísticos en la base del marco conceptual promovido por RIVAS-MARTÍNEZ y RIVAS-SÁENZ (1996-2009; en LUEBERT & PLISCOFF, 2006). La aplicación del método para Chile dio como resultado la identificación de 17 formaciones vegetacionales (Ver Figura N°10) y 127 pisos vegetacionales, estos últimos definidos como “espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales zonales con estructura y fisonomía uniforme, situadas bajo condiciones mesoclimáticamente homogéneas, que ocupan una posición determinada a lo largo de un gradiente de elevación, a una escala espacio-temporal específica”; se caracterizan típicamente por una formación vegetal con especies dominantes específicas y un piso bioclimático bajo el cual tales formaciones pueden ser encontradas (LUEBERT & PLISCOFF, 2006). El rango más alto de la clasificación bioclimática es el de "macrobioclima" o “bioclima”, y las cinco unidades que existen en todo el mundo se encuentran en Chile (LUEBERT & PLISCOFF, 2006; MOREIRA-MUÑOZ, 2011).

Si bien Argentina no posee una clasificación bio-climática como la correspondiente a Chile, tal como fue explicado anteriormente, ambos países comparten diversas ecorregiones, las cuales contienen los registros de presencia de las especies arbóreas consideradas en la presente investigación. Tal como fue explicado en el área de estudio de la presente investigación, los países considerados comparten entre sí tres ecorregiones (DINERSTEIN *et al.*, 1995; OLSON *et al.*, 2001), las cuales pertenecen al reino Neotropical. A continuación, se presentan las características generales de estas, ya que específicamente serán analizadas en los resultados de la presente memoria, además de la incorporación de la ecorregión restante, que sólo se presenta en el territorio nacional: el Matorral Chileno.

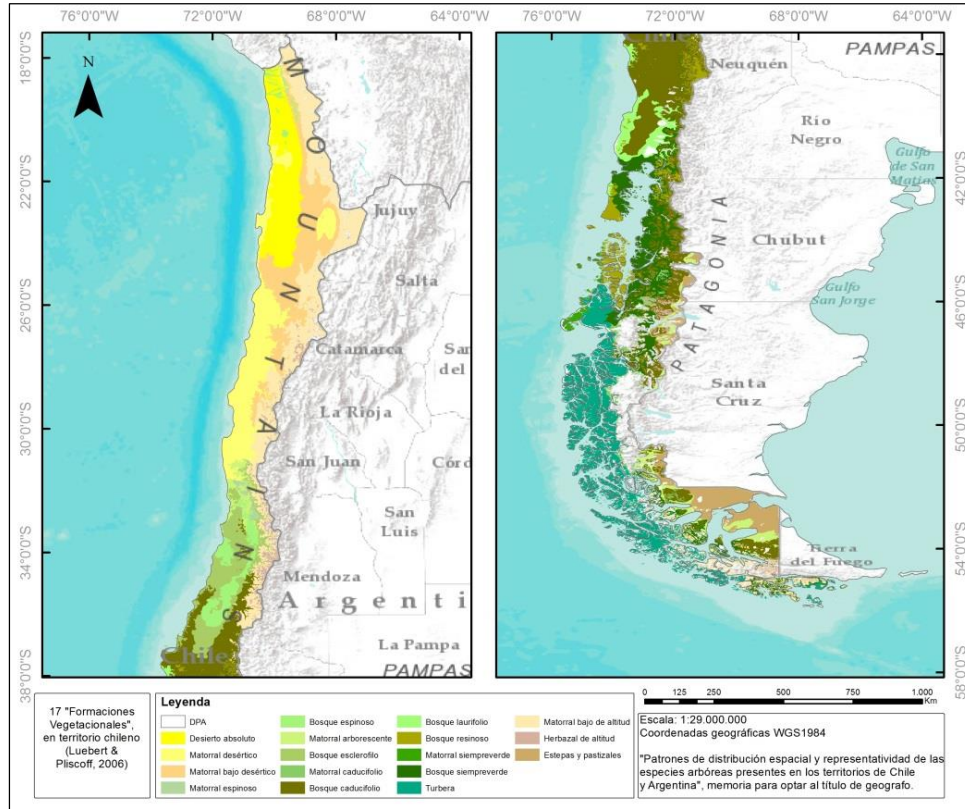


Figura N° 10: Representación cartográfica de las formaciones vegetacionales de Chile (2006). Fuente: elaboración propia, en base a LUEBERT & PLISCOFF, 2006.

i. Ecorregión de los bosques templados valdivianos:

Se extiende en Chile desde los paralelos 34°S y 33°S por la costa y por los Andes, respectivamente, hasta aproximadamente el paralelo 46°S en el límite con la Ecorregión de los Bosques Subpolares Magallánicos, incluyendo las áreas boscosas adyacentes de la vertiente oriental de los Andes en Argentina, en el límite con la ecorregión de Estepa Patagónica. En la Depresión Intermedia, la Ecorregión del Matorral de Chile Central penetra hacia el sur hasta aproximadamente los 38°S (LUEBERT & PLISCOFF, 2004). Sus taxones muestran estrechas relaciones filogenéticas que se remontan a principios del Terciario, con taxones gondwánicos de Oceanía formando relaciones más recientes con taxones neotropicales, separados de otras biotas de América del Sur por la gran barrera montañosa de los Andes (MOREIRA-MUÑOZ, 2011). Los eventos biogeográficos, los gradientes de temperatura y de precipitaciones, y la larga historia de aislamiento y de grandes cambios climáticos recientes, han producido un mosaico heterogéneo de diversos tipos de bosque en esta ecorregión, que contiene: bosques caducifolios de *Nothofagus*; bosques laurifolios valdivianos dominados por una gran cantidad de especies como *Laureliopsis philippiana*, *Aextoxicon punctatum*, *Eucryphia cordifolia*, *Caldcluvia paniculata* y *Weinmannia trichosperma*; bosques nordpatagónicos con una predominancia de especies siempreverdes como *Nothofagus dombeyi*, *Podocarpus nubigena* y *Drimys*

winteri; bosques andino-patagónicos, incluida la *Araucaria araucana* y los matorrales alto andinos con bosques caducifolios de *Nothofagus*, que se encuentran ampliamente distribuidos latitudinalmente; y bosques siempre verdes y pantanos que se componen de *Nothofagus betuloides* y turberas de *Sphagnum sp* (GAJARDO, 1994). En Chile, las principales amenazas para estos bosques se encuentran en las talas intensivas y las plantaciones forestales (DINERSTEIN *et al.*, 1995), y además, cabe destacar a la agricultura, que está sustituyendo a los bosques nativos ricos en especies, con monocultivos de especies exóticas (WWF, 2001). En Argentina, las principales amenazas son la presión del turismo, la invasión de especies exóticas, el impacto de los ciervos europeos, y la introducción de peces de agua dulce (WWF, 2001).

ii. Ecorregión de los bosques subpolares magallánicos:

Se extiende a lo largo de las montañas de los Andes del sur y el archipiélago chileno desde los 47°S, en el límite con la ecorregión Valdiviana, hasta el Cabo de Hornos, incluyendo las regiones del sur de Aysén y Magallanes en Chile. En Argentina sólo cubre pequeñas superficies de la parte occidental de la provincia de Santa Cruz y el sur de Tierra del Fuego (limitando con la ecorregión de Estepa Patagónica), desde el lago Buenos Aires hasta la Isla de los Estados. Esta ecorregión, en general, es más fría y más seca que la ecorregión Valdiviana, y en general es florísticamente más pobre. Esto a veces se ha relacionado con el efecto de la extensión de los glaciares durante la edad de hielo, que afectaron a los bosques subpolares de *Nothofagus* (VILLAGRÁN & HINOJOSA, 1997). La nieve permanente, los casquetes de hielo y los glaciares están presentes en las cumbres de muchas de las elevaciones más altas. Además de lo explicado anteriormente, respecto a las glaciaciones del Pleistoceno; el efecto de las bajas temperaturas, los fuertes y permanentes vientos del oeste y la alta precipitación en el lado de barlovento de las montañas, de alrededor de 5000 mm por año, se ha traducido en tres enormes campos de hielo, el Campo de Hielo Patagónico Norte, el Campo de Hielo Patagónico Sur, y el campo de hielo de la cordillera de Darwin, en el suroeste de Tierra del Fuego. Como ya se ha destacado, los fuertes vientos del oeste soplan todo el año, produciendo alta pluviosidad en el lado oeste de barlovento de las montañas y menor precipitación hacia el este. En general las temperaturas medias anuales son entre 6°C en el norte y 3°C en el sur de la ecorregión, y la media de precipitación anual varía, disminuyendo de oeste a este, desde aproximadamente 4000 mm a 700 mm, respectivamente (HOFFMANN, 1975). La vegetación muestra principalmente dos tipos de bosques, bosques siempreverdes principalmente de *Nothofagus betuloides* hacia el oeste y bosques caducifolios de *Nothofagus pumilio* y *Nothofagus antarctica* hacia el este, que se extienden en Argentina (GAJARDO, 1994). En Tierra del Fuego, los bosques siempreverdes se encuentran al sur y los bosques caducifolios hacia el interior. El bosque caducifolio está formado sólo por *Nothofagus pumilio* en elevaciones más bajas, en diferentes combinaciones con los más tolerantes *Nothofagus antarctica* desde el punto de vista ecológico, que prevalecen en las situaciones más áridas o en suelos poco drenados (GAJARDO, 1994). Las talas y quemadas intensivas, las plantaciones forestales, las

invasiones de especies exóticas (por ejemplo, el conejo europeo y el castor de América del Norte), el pastoreo de ganado bovino y ovino, y la recolección de leña, son graves amenazas para la ecorregión (DINERSTEIN *et al.*, 1995).

iii. Ecorregión de estepa patagónica:

Esta ecorregión cubre principalmente la región de la Patagonia Argentina desde la orilla del Océano Atlántico, a apenas cruzando la frontera con Chile. La topografía de esta región ecológica incluye montañas bajas, mesetas y llanuras. El clima es muy seco y frío durante el invierno, y las heladas permanecen casi todo el año, sin embargo la precipitación anual promedio normalmente no es de más de 200 mm. Una característica del clima patagónico es el constante viento seco que sopla con mucha fuerza desde el sector occidental, sobre todo en los meses de verano. El invierno dura generalmente de cuatro a cinco meses a partir de junio, con un promedio del mes más frío desde -1° a -3°C (DAVIS *et al.*, 1997). En general, la vegetación de esta región ecológica es estepa xerófila y altamente adaptada para la protección contra la sequía, el viento y los herbívoros. Se considera que la vegetación está fuertemente relacionada con la flora de los Andes, sin embargo el promedio de número de especies endémicas para las familias dominantes es muy alta, con hasta un 60% de endemismo en las leguminosas y el 33% en las compuestas (DAVIS *et al.*, 1997). Hay tres tipos principales de comunidades vegetales, según porcentaje de densidad: semi-desierto (45%), arbusto-estepa (30%) y hierba-estepa (20%). El principal problema de la ecorregión es la desertificación debido al sobre-pastoreo principalmente por ovejas, dañando la cobertura vegetal limitada y exponiendo el suelo a la erosión (DAVIS *et al.*, 1997).

2.3.3 Variabilidad y cambio climático en el estudio de la conservación

La variabilidad climática se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa) (IPCC, 2014). Esto quiere decir que la variabilidad climática interna es la que, como fue explicado anteriormente, ha influenciado en la conformación de los patrones de distribución actual de las especies, a una escala geológica. Por otra parte, el cambio climático se refiere a un cambio en el estado del clima que puede ser identificado (por ejemplo, mediante el uso de pruebas estadísticas) por los cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, típicamente décadas o más. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o fuerzas externas, tales como moduladores de los ciclos solares, erupciones volcánicas y los cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo. Cabe destacar que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, define el cambio climático como: "un

cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La CMCC distingue entre "cambio climático", atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y "variabilidad climática", atribuida a causas naturales (IPCC, 2014).

Si bien en la presente investigación no es modelada la distribución potencial de las especies a futuro, es menester destacar que actualmente, el cambio climático ha tenido diversos impactos en la biogeografía de la conservación (ACKERLY *et al.*, 2010). Una de las herramientas más importantes en la planificación de la conservación en relación con el cambio climático es el despliegue de modelos de distribución de especies para evaluar las actuales y futuras distribuciones potenciales de las especies en relación con el clima, suelos y otras variables predictoras (ELITH & LEATHWICK, 2009). Estos modelos pueden destacar a las especies que puedan estar en riesgo debido al cambio climático, y a las áreas geográficas que puedan hacer frente a los cambios sustanciales en la composición de la diversidad y de las especies (THUILLER *et al.*, 2005). En algunos casos, los modelos sugieren que las áreas protegidas ya no pueden mantener a las poblaciones de especies clave, posiblemente las mismas por cuales las reservas fueron creadas para protegerlas (ARAUJO *et al.*, 2004, en ACKERLY *et al.*, 2010). Por el contrario, las distribuciones de la contracción y cambios de rango podrían crear nuevas áreas-refugios, donde las especies amenazadas se concentren en el futuro (LOARIE *et al.*, 2008, en ACKERLY *et al.*, 2010).

2.4 Representatividad de las especies, ¿qué tan conservadas se encuentran?

La representatividad es uno de los criterios fundamentales para evaluar adecuadamente un área protegida o a un sistema de áreas protegidas, ya que captura el rango de variación biológica en términos de especies y ecosistemas en una región determinada (GROVES, 2003, en PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b). Las áreas protegidas son una parte fundamental de la conservación in situ en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica (DAVEY, 1998), y la evaluación de la representatividad es una herramienta relevante para el establecimiento de prioridades de conservación para la gestión de estas (DAVEY, 1998; MARGULES & PRESSEY, 2000; PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b), precisamente evaluando la representación de las comunidades de vida silvestre y naturales dentro de las redes de áreas protegidas. Un área protegida (AP) es un área definida geográficamente que haya sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación (MMA, 2015). Según la UICN, un área protegida es un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza, de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados (MMA, 2015).

Aquellas especies y comunidades que no están representadas en las áreas protegidas son consideradas dentro de las "deficiencias en los esfuerzos de conservación", como se define a través del proceso de "análisis de brecha" (DUDLEY & PARRISH, 2006). En un contexto de conservación, el "análisis de brecha" es un método para identificar la diversidad biológica (es decir, especies, ecosistemas y procesos ecológicos) que no se conservan adecuadamente dentro de una red de áreas protegidas o por medio de otras medidas de conservación efectivas y de largo plazo. Se ha desarrollado durante los últimos 25 años en respuesta al reconocimiento de que los sistemas de áreas protegidas de todo tipo, y en todas partes del mundo, en la actualidad no protegen completamente a la biodiversidad (SCOTT *et al.*, 1993, en DUDLEY & PARRISH, 2006). El análisis de brecha se aplica generalmente en áreas bastante grandes. En una situación ideal esta se aplicaría en toda una región ecológicamente definida (como una ecorregión), ya que esto permite que las decisiones acerca de la conservación se hagan con la mejor información disponible y sobre la base de fronteras ecológicas en lugar de político-administrativas, con el fin de asegurar que se satisfagan las necesidades de la biodiversidad (DUDLEY & PARRISH, 2006).

A escala internacional, el enfoque de la representatividad ha surgido de la necesidad de evaluar la eficacia de la protección de los ecosistemas, establecer prioridades de conservación y orientar la inversión (BROOKS *et al.*, 2006). Las definiciones de un conjunto de áreas protegidas representativas y la identificación de brechas en el actual sistema de AP son las dos metas importantes en la planificación de la conservación (MOILANEN, 2008, en PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b). La evaluación de la representatividad es cada vez más relevante para el diseño de nuevas redes de AP, que se ocupan no sólo con la representación de elementos de la biodiversidad a nivel de ecosistemas y especies, sino también tratando de asegurar la conservación de los procesos evolutivos y ecológicos, y adaptándose las redes de AP al cambio climático (VOS *et al.*, 2008, WILLIS *et al.*, 2009, KLEIN *et al.*, 2009, en PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b).

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE) constituye la mayor parte de las áreas protegidas públicas tradicionales en el país y es administrado por la Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF). En Chile, el desarrollo legislativo e institucional de las áreas protegidas, ha llevado a la constitución de distintas categorías de áreas protegidas, de las cuales se describirán las más importantes para la presente investigación:

- i. Parques Nacionales: son regiones establecidas para la protección y conservación de las bellezas escénicas naturales y de la flora y fauna de importancia nacional. En ellos se pueden desarrollar oportunidades espirituales, científicas, educativas, recreativas y de visita que sean ambiental y culturalmente compatibles (MMA, 2015).

ii. Reservas Nacionales: son regiones establecidas para la conservación y utilización, bajo vigilancia oficial, de las riquezas naturales en las cuales se dará a la flora y la fauna toda protección que sea compatible con los fines para los que son creadas estas reservas. En ellas se pueden mantener, conservar y restaurar especies y hábitats, y a su vez proteger los ecosistemas naturales, usando los recursos naturales de forma sostenible (MMA, 2015).

iii. Monumentos Naturales: son regiones, objetos o especies vivas de animales o plantas de interés estético o valor histórico o científico, a los cuales se les da protección absoluta. Se crean con el fin de conservar un objeto específico o una especie determinada de flora o fauna declarándolas, monumento natural inviolable excepto para realizar investigaciones científicas debidamente autorizadas, o inspecciones gubernamentales. En ellos se protegen los rasgos naturales determinados, incluyendo la biodiversidad y los hábitats asociados a ellos (MMA, 2015).

iv. Santuarios de la Naturaleza: son sitios terrestres o marinos que ofrecen posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado. En ellos se protegen los rasgos naturales determinados, incluyendo la biodiversidad y los hábitats asociados a ellos, y a su vez se protegen y mantienen paisajes terrestres/marinos importantes y se busca la conservación de la naturaleza y valores culturales asociados (MMA, 2015).

Con la modificación de la Ley 19300 en 2010, el Ministerio de Medio Ambiente ejerce la supervigilancia del SNASPE. Actualmente, las tres primeras figuras de protección están administradas por la CONAF, dependiente del Ministerio de Agricultura, mientras que los Santuarios de la Naturaleza, son administrados por el Consejo de Monumentos Nacionales (MMA, 2015).

Además, existen otras figuras de protección, que se utilizarán en la presente investigación, que se encuentran en un marco internacional de protección de la biodiversidad:

v. Reservas de la Biósfera: son figuras de la UNESCO aplicables a zonas de ecosistemas terrestres, costeros o marinos, o una combinación de los mismos, reconocidas como de importancia en un plano internacional. Están dentro del marco del Programa *Man and the Biosphere* (MAB), y su objetivo es impulsar la integración armónica de las poblaciones y la naturaleza, promoviendo el desarrollo sostenible, la protección de la biodiversidad, el intercambio de conocimiento, la reducción de la pobreza, la mejora del bienestar y el respeto a los valores culturales (MMA, 2015).

vi. Sitio Ramsar, o Humedales de Relevancia Internacional: son humedales (entendidos bajo la definición de la Convención como “todos los lagos y ríos, acuíferos subterráneos, pantanos y marismas, pastizales húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, manglares y otras zonas costeras, arrecifes coralinos, y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales, embalses y salinas”), que han sido designados a nivel nacional para formar parte de esta categoría, reconociendo que tienen un valor significativo

para la toda la humanidad. Esta denominación conlleva el compromiso por parte del Estado de tomar las medidas necesarias para asegurar el mantenimiento de sus características ecológicas (MMA, 2015).

Varios estudios han evaluado la representatividad del SNASPE en Chile, en la escala de los ecosistemas y los grupos taxonómicos (SQUEO *et al.*, 2012). Sin embargo, más recientemente, PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO (2011b), en un análisis de brechas de Chile continental, mostraron que sólo 42 (33%) de los 127 tipos de vegetación terrestres definidos por LUEBERT & PLISCOFF (2006) fueron adecuadamente (>10% del área, según tipo de vegetación) representados en el SNASPE. Cabe destacar que el SNASPE muestra un fuerte sesgo geográfico hacia el sur del país y hacia los Andes, y se ha considerado insuficiente para alcanzar los objetivos mínimos para la conservación en los ecosistemas o en las comunidades (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b), además de no ser coincidente con la mayor diversidad de plantas vasculares ubicadas en el centro-sur de Chile (ALARCÓN & CAVIERES, 2015). Los resultados aparentemente contradictorios presentados anteriormente pueden explicarse por el uso de diferentes objetivos de conservación entre las diversas figuras de protección. Es común a todos los estudios de representatividad en Chile, el hecho de que estos se centran en un único nivel de biodiversidad (comunidad vegetal) (SQUEO *et al.*, 2012), siendo que debiesen ser llevados a cabo mediante un rango multi-escalar. Algunos autores plantean que la vegetación es un sustituto razonable para el ecosistema a una escala determinada, ya que incluye una alta proporción de la biomasa en el ecosistema y refleja la influencia del clima y las condiciones del suelo (LEUSCHNER, 2005, en PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b). En la presente investigación, que trabajará con especies arbóreas, se consideran como árboles a las especies leñosas que presentan un tronco erecto en su estado adulto, el cual no debe encontrarse ramificado cerca de la base, con un diámetro a la altura del pecho superior a 10 cm y una altura mínima de 3 metros (RODRÍGUEZ *et al.*, 1983).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se plantearán los pasos metodológicos en los cuales se basaron los objetivos específicos de la presente investigación (Ver Figura N°11). En primer lugar se presentan los pasos metodológicos para la creación de una base de datos de los registros de presencias de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina; en segundo lugar se presentan los pasos metodológicos para la elaboración de los modelos de distribución de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, que permitirán la caracterización de la distribución potencial de las especies, y finalmente, se presentan los pasos metodológicos para obtener la evaluación de la representatividad de las especies arbóreas, dentro de las áreas protegidas oficiales de Chile.

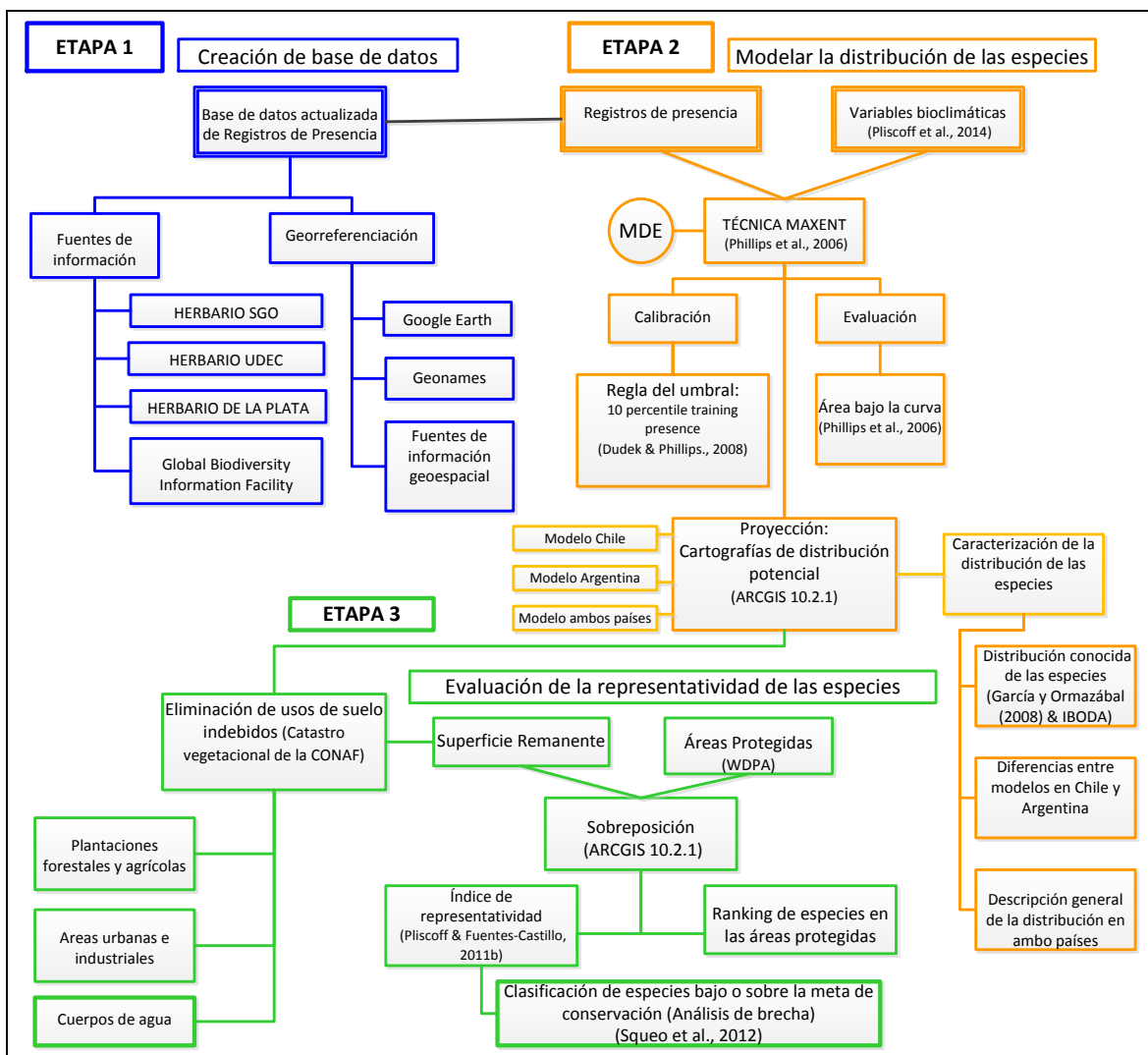


Figura N° 11: Esquema gráfico de los principales pasos metodológicos de la presente investigación. Fuente: elaboración propia.

3.1 Pasos metodológicos para la creación de una base de datos actualizada de los registros de presencias de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina

3.1.1 Fuentes de información de los registros de presencias

El paso metodológico previo para generar modelos de distribución de especies es disponer de una base de datos robusta y actualizada, que contenga los registros de presencia de las especies arbóreas que se podrían ocupar para el modelado. En la presente investigación se extrajo información desde herbarios tanto nacionales como internacionales, que fue complementada con los registros de presencia presentes en la página de GBIF. Además, para determinar qué especies arbóreas se encuentran compartidas entre ambos países, se revisó la fuente de información de ZULOAGA *et al.*, (2008), quienes recopilan la información de su trabajo en la página web Flora del Cono Sur, perteneciente al Instituto Botánico Darwinion (IBODA, <http://www.darwin.edu.ar>); y a GARCÍA & ORMAZABAL (2008).

i. Fuentes de información de las especies arbóreas en territorio argentino: la creación de una base de datos actualizada de las especies arbóreas en Argentina, fue el tema de la práctica profesional que antecede la presente investigación. Esta fue elaborada con los registros de presencias del herbario del Museo de La Plata, que fueron fotografiados (847 imágenes) en una visita previa al museo por el profesor Patricio Pliscoff, que dan cuenta de los nombres de las localidades en donde las especies arbóreas fueron colectadas (Ver Figura N°12), los cuales posteriormente fueron georreferenciados. Esta base de datos fue complementada con una gran cantidad de registros de presencias pertenecientes a GBIF, que se encontraban ya georreferenciados o, que en algunos casos, sólo disponían de los nombres de las localidades en donde fueron colectadas las especies, los cuales también posteriormente fueron georreferenciados.



Figura N° 12: Fotografías de las etiquetas de dos especies arbóreas pertenecientes al Herbario del Museo de La Plata: *Drymis winteri* y *Myrceugenia chrysocarpa*, asociadas con la localidad en donde fueron colectadas. Fuente: fotografías tomadas por el profesor Patricio Pliscoff, encargado del proyecto FONDECYT 11140357, en el que se enmarca la presente memoria.

Los registros de presencias fueron ordenados en una hoja de cálculo de *Microsoft Excel*, mediante 7 columnas, correspondientes a: especie arbórea (nombre científico), localidad de colecta de la especie, latitud (coordenadas geográficas separadas en grados decimales), longitud (coordenadas geográficas separadas en grados decimales), altitud (en metros sobre el nivel del mar), año (de colecta de la especie) y fuente (Herbario de La Plata, registros GBIF con coordenadas geográficas, o registros GBIF georreferenciados por el autor).

Hubo una serie de dificultades y particularidades al momento de ir rellenando la hoja de cálculo, luego de la revisión de las imágenes de los registros de presencias del Herbario del Museo de La Plata, debido a:

a. Caligrafía difusa en las etiquetas de las especies colectadas, por lo que no se podía distinguir la información requerida para una posterior georreferenciación, por lo tanto no eran tomadas en cuenta para la base de datos.

b. Información escrita requerida, específicamente la localidad de las especie, no se encontraba explícita en las fotografías, por lo tanto no eran tomadas en cuenta para la base de datos.

c. Información escrita requerida, específicamente el nombre de la especie, no se encontraba explícito en las fotografías. En estos casos, y como las fotografías fueron tomadas en un cierto orden alfabético, sólo si estas se encontraban dentro de un gran grupo correlativo de especies, se les adjudicaba el nombre de la especie del grupo en que se encontraban; si no era este el caso no eran tomadas en cuenta para la base de datos.

d. Fotografías que daban cuenta de una especie en particular, pero en varias localidades. En estos casos se agregaron más registros en la hoja de cálculo, pues sí correspondían a distintos registros de presencia de la misma especie.

e. Algunos nombres científicos de las especies arbóreas se presentaban con distintos nombres, los cuales eran sinónimos; por lo tanto tuvieron que ser estandarizados, registrando el nombre más actualizado de la especie, mediante la fuente de información de la página web Flora del Cono Sur (IBODA), perteneciente a ZULOAGA *et al.*, (2008).

ii. Fuentes de información de las especies arbóreas en territorio chileno: la base de datos de las especies arbóreas en territorio chileno, fue elaborada con los registros de presencia de los herbarios de la Universidad de Concepción, y el perteneciente al Museo Nacional de Historia Natural (SGO). Para complementar esta base de datos fueron agregados algunos registros de especies arbóreas en territorio chileno, que se encontraban registrados en el Herbario del Museo de La Plata, y también algunos registros de GBIF para Argentina, que poseían registros de presencia en territorio chileno.

En primer lugar, se estableció un número total de 44 especies arbóreas en la base de datos, a la cual se le eliminaron 6 especies (*Acacia caven* (Molina) Molina, *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart, *Maytenus boaria* Molina, *Prosopis alba* Griseb., *Salix*

humboldtiana Willd. y *Schinus molle* L.), que fueron excluidas debido a presentar un rango de distribución más amplio que el territorio comprendido por los países de Chile y Argentina, presentándose también en países como Perú, Bolivia, Brasil, Uruguay y/o Paraguay. Se excluyeron estas además, debido a que no se poseía una información más detallada de las presencias de las especies arbóreas en aquellos países, al contrario de lo que sucede en la base de datos para Argentina, en la que además de los registros obtenidos desde GBIF, se complementó con los registros de presencias conseguidos desde el Herbario del Museo de La Plata. Por lo tanto el número final de especies arbóreas consideradas en la base de datos fue de 38.

3.1.2 Georreferenciación y espacialización de los registros de presencias

En conjunto con la selección de las fuentes de información, se encuentra la tarea de georreferenciar los registros de presencias que no tengan asignadas sus coordenadas geográficas. Como fue presentado anteriormente, en el caso de las fuentes de información de registros de presencias en Argentina, es decir, el Herbario del Museo de La Plata y los pertenecientes a GBIF, estos se tuvieron que georreferenciar mediante el uso del nombre de las localidades, es decir, los topónimos, con el fin de obtener las coordenadas geográficas.

i. Georreferenciación de las especies arbóreas en territorio argentino: se acudió a diversas fuentes de información geográfica, estas son: el software *Google Earth*, plataforma que permite conocer las coordenadas geográficas de las localidades que necesitan ser georreferenciadas; *Geonames*, una base de datos geográfica gratuita, en línea, que contiene más de 10 millones de nombres geográficos que corresponden a más de 6.5 millones de lugares existentes (www.geonames.org); y fuentes anexas de información geoespacial, es decir, páginas web con información de topónimos, de rutas turísticas, senderos, áreas protegidas oficiales, mapas de municipios, etc., en donde se pudo obtener información más detallada presente en los nombres de las localizaciones, por ejemplo, ubicaciones próximas a campings, hoteles, fundos, estancias, etc.

Hubo una serie de dificultades y particularidades al momento de ir rellenando la hoja de cálculo, con la información de las coordenadas geográficas (latitud y longitud en grados decimales), debido a:

a. Topónimos a los cuales no se le asignó una referencia geográfica, debido a no encontrarse en ninguna de las fuentes de información geográfica antes mencionadas, por lo tanto no eran considerados para la base de datos.

b. Topónimos que daban cuenta de un área muy extensa, por lo tanto no se les pudo asignar una referencia geográfica sin mediar algún tipo de error, por ejemplo: “Sudamérica”, “Patagonia Occidental”, “Provincia de Chubut”, entre otros; por lo tanto no eran considerados para la base de datos.

c. Topónimos que a pesar de estar registrados en fuentes de información para el territorio argentino (o chileno), no pertenecían a ninguno de los dos países estudiados, por ejemplo, “Jardín de plantas de Caen”, “Jardín Botánico de Sao Paulo”, “Herbario Universidad de California”, etc.

ii. Georreferenciación de las especies arbóreas en territorio chileno: se produjo de manera externa a la presente investigación, pero a cargo del proyecto FONDECYT 11140357, tanto para el caso de los registros de presencia del Herbario del Museo Nacional de Historia Natural (SGO), como para los del Herbario de la Universidad de Concepción. Por último, los registros de presencia de especies arbóreas en territorio chileno, que se encontraban presentes en el Herbario del Museo de La Plata, o en algunos registros de GBIF para Argentina, fueron georreferenciados mediante los mismos pasos explicados anteriormente en los casos para el territorio argentino.

3.2 Pasos metodológicos para la caracterización de la distribución potencial de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, mediante la técnica de Modelos de Distribución de Especies

Los modelos de distribución de especies siguen una serie de pasos metodológicos para su elaboración (Ver Figura N°13).

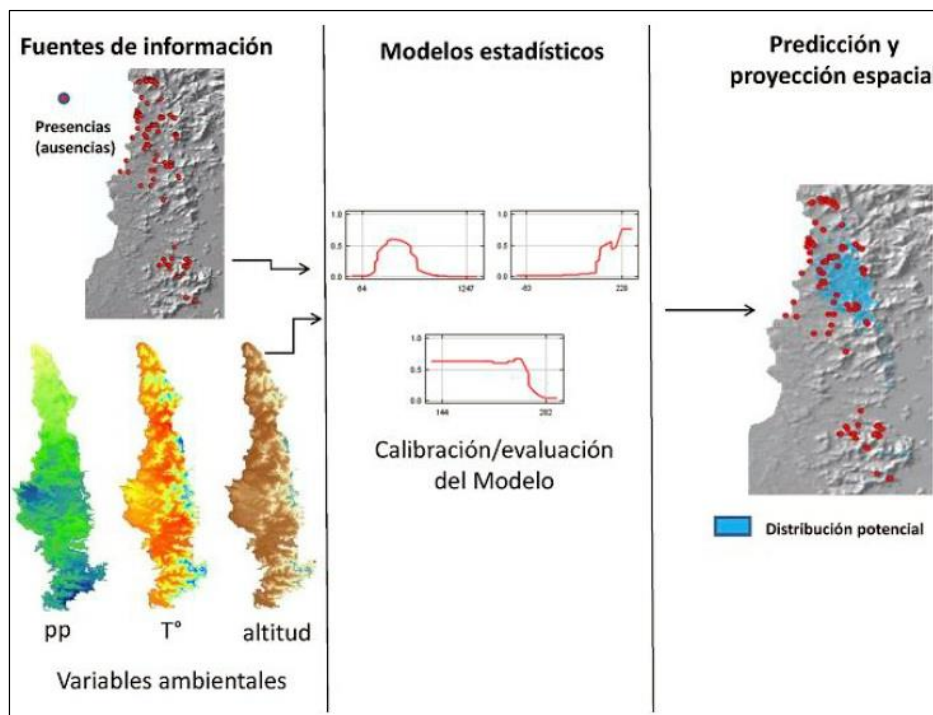


Figura N° 13: Pasos metodológicos para la generación de Modelos de Distribución de Especies. Fuente: extraído de PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a.

3.2.1 Selección de las especies arbóreas y variables bioclimáticas a modelar

i. Selección de especies arbóreas: tal como se puede ver en la Figura N°13, el primer paso para generar los modelos de distribución es tener una cierta cantidad de registros de presencias, en este caso, de las especies arbóreas que se van a modelar. A pesar de disponer de una gran base de datos actualizada de los registros de presencias, existe una cantidad mínima de registros, para que los MDE puedan elaborarse y así, sean estadísticamente válidos. Para la presente investigación 20 fueron los registros de presencia de especies arbóreas mínimos necesarios para generar los MDE, ya que si bien están levemente por debajo del mínimo que se propone idealmente (30 registros, según WISZ *et al.*, 2008), la elección estuvo directamente relacionada con la cantidad de registros de presencia que se pudieron recopilar de fuentes argentinas, no tan numerosos como los presentes en fuentes chilenas, y además debido a que uno de los objetivos que persigue la presente investigación, es comprobar la diferencia de modelar, en cada uno de los países, con una distinta cantidad de registros de presencia, y como resultarían los MDE si se considerasen los registros de ambos países. Luego de aplicar este filtro a la base de datos actualizada de registros de presencia, fueron seleccionadas las especies arbóreas que realmente se modelaron, siendo acotado el número final a 23 especies arbóreas, las que cumplían con la mínima cantidad de registros de presencias en ambos países.

ii. Variables bioclimáticas: existen variables predictoras que son muy utilizadas, principalmente debido a la facilidad de su obtención, ya que existen bases de datos globales a alta resolución (~1 km) de libre acceso y uso, como por ejemplo las 19 variables bioclimáticas que fueron desarrolladas por el proyecto *Worldclim* (Ver Tabla N°1). Con el fin de ajustar estas 19 variables a la realidad geográfica del sur de Sudamérica, Pliscoff *et al.*, (2014), generaron a partir de las variables pre-existentes, 19 superficies climáticas recalculadas. Para obtenerlas, modelaron datos mensuales, durante un periodo de tiempo de 50 años (1950-2000), de precipitación (P), temperatura media (T), temperatura media máxima (M) y temperatura media mínima (m), obtenidos a partir de un total de 930 estaciones meteorológicas en Chile, Bolivia, Perú y Argentina, para generar superficies climáticas de una zona más grande que el territorio chileno, evitando así los efectos de borde. Los autores ajustaron, recalculando, las 19 variables del proyecto *Worldclim*, debido a que los valores obtenidos de las estaciones meteorológicas de la zona y los valores extraídos de *Worldclim* diferían sustancialmente, sobre todo para los datos de temperatura (T, M, m). Para este ajuste geográfico de las variables bioclimáticas, ellos utilizaron las estaciones reportadas por HAJEK & DI CASTRI (1975), AMIGO & RAMÍREZ (1998), la base de datos de FAOCLIM (FAO, 2001), RIVAS-MARTÍNEZ *et al.*, (2003) y LUEBERT & PLISCOFF (2006).

Código de la variable	Nombre y detalle de la variables
bio1	Temperatura media anual. Se encuentra medida en °C (Celsius)*10.
bio2	Variación de la temperatura media diurna (Tmax-Tmin) .Se encuentra representada en °C (Celsius)*10.
bio3	Isotermabilidad (bio2/bio7) Sin unidad de medida, pero se encuentra escalada *100.
bio4	Variación estacional de la Temperatura. Se encuentra medida en torno a la Desv. Estándar *100, expresada en °C (Celsius).
bio5	Temperatura máxima del mes más cálido. Se mide en °C (Celsius)*10.
bio6	Temperatura mínima del mes más frío. Se mide en °C (Celsius)*10.
bio7	Rango de temperatura anual (bio5 - bio6). Se encuentra expresada en °C (Celsius)*10.
bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo. Se encuentra expresada en °C (Celsius)*10.
bio9	Temperatura media del trimestre más seco. Se encuentra expresada en °C (Celsius)*10.
bio10	Temperatura media del trimestre más cálido. Se encuentra expresada en °C (Celsius)*10.
bio11	Temperatura media del trimestre más frío. Se encuentra expresada en °C (Celsius)*10.
bio12	Precipitación anual. Se encuentra expresada en mm (milímetros) *1.
bio13	Precipitación del mes más húmedo. Se encuentra expresada en mm (milímetros)*1.
bio14	Precipitación del mes más seco. Se encuentra expresada en mm (milímetros)*1.
bio15	Estacionalidad de la Precipitación (coeficiente de variación)*100.
bio16	Precipitación del trimestre más húmedo. Se encuentra expresada en mm (milímetros)*1.
bio17	Precipitación del trimestre más seco. Se encuentra expresada en mm (milímetros)*1.
bio18	Precipitación del trimestre más cálido. Se encuentra expresada en mm (milímetros)*1.
bio19	Precipitación del trimestre más frío. Se encuentra expresada en mm (milímetros)*1.

Tabla N° 1: Código, nombre y detalle de las 19 variables bioclimáticas disponibles en la base de datos global de superficies climáticas *Worldclim*, las cuales fueron recalculadas por PLISCOFF *et al.*, 2014. Fuente: Elaboración propia, en base a HIJMANS *et al.*, (2005); nombre y detalle de las variables obtenidos en <http://www.ccafs-climate.org/downloads/docs/bioclimatic-variables.pdf>.

A partir de estas nuevas y recalculadas 19 variables bioclimáticas, que fueron descargadas de la página web del grupo de Ecología Espacial de la Universidad de Laussane (Suiza) (<http://www.unil.ch/ecospat>), se dispuso a trabajar sólo con algunas de ellas, las cuales fueron las variables bioclimáticas utilizadas para todo el área de estudio del proyecto FONDECYT 11140357, en cual se enmarca la presente memoria. Para llegar a una menor cantidad de variables bioclimáticas, los autores ejecutaron un método estadístico de correlación pareada (*Pearson*) entre las 19 variables bioclimáticas, para toda la zona de las superficies climáticas de su área de estudio, con el fin de reducir la redundancia de datos y acortar el tiempo de análisis. Se eliminaron los datos climáticos redundantes, eligiéndose así sólo 7 variables, las menos correlacionadas del conjunto. El coeficiente de *Pearson* mide el grado de asociación lineal entre dos variables cualesquiera, y puede calcularse dividiendo la covarianza de ambas entre el producto de las desviaciones típicas de las dos variables. Para un conjunto de datos, el valor r de este coeficiente puede tomar cualquier valor entre -1 y +1. El valor de r será positivo si existe una relación directa entre ambas variables, esto es, si las dos aumentan al mismo tiempo. Será negativo si la relación es inversa, es decir, cuando una variable disminuye a medida que la otra aumenta. Un valor de +1 o -1 indicará una relación lineal perfecta entre ambas variables, mientras que un valor 0 indicará que no existe relación lineal entre ellas. Cabe destacar que un valor de cero no

indica necesariamente que no exista correlación, ya que las variables pueden presentar una relación no lineal (DÍAZ & FERNÁNDEZ, 2002).

3.2.2 Elección de la técnica, calibración, evaluación y proyección del modelo

i. Elección de la técnica: para modelar las distribuciones potenciales de las especies, en la presente memoria se utilizó el método de Máxima Entropía (PHILLIPS *et al.*, 2006) mediante el programa *Maxent*, versión 3.3.3k (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>). A pesar de que existe una amplia gama de modelos similares, *Maxent* posee tres ventajas por sobre los demás: primero, se requiere solo datos de presencia, versus otros modelos que requieren datos de presencia y ausencia (KUMAR *et al.*, 2014); segundo, su consistente buen desempeño en comparación con otros 16 métodos similares (ELITH *et al.*, 2006), especialmente con un número pequeño de muestras (ELITH *et al.*, 2006; PHILLIPS *et al.*, 2006); y tercero, su disponibilidad gratuita. *Maxent* genera, a partir del área de estudio, una distribución de probabilidad de ocurrencia para la especie, sobre la base de registros de presencia, puntuales, y variables bioclimáticas. En otras palabras, *Maxent* es un programa multiuso basado en una aproximación estadística llamada Máxima Entropía, que permite hacer predicciones utilizando información incompleta, en este caso datos de presencia u ocurrencia de la distribución potencial de una especie (PHILLIPS *et al.*, 2006; PHILLIPS & DUDÍK, 2008; BALDWIN, 2009). El algoritmo de máxima entropía es determinista y convergerá a la máxima entropía de la distribución de probabilidad, por lo tanto, la salida resultante representa cuánto mejor el modelo se ajusta a los datos de localización, como lo haría a una distribución uniforme. *Maxent* tiene la ventaja adicional de permitir el uso de ambas variables, continuas y categóricas (BALDWIN, 2009). La salida de *Maxent* es una estimación de la idoneidad del hábitat para una especie que generalmente varía de 0 (bajo) a 1 (la más alta) (KUMAR *et al.*, 2014).

Para realizar un MDE, con la técnica de *Maxent* fueron necesarios dos elementos, que ya han sido mencionados anteriormente: un conjunto de localidades (puntos) donde se sabe que la especie está presente (estos deben estar contenidos en una hoja de cálculo de extensión “.csv”, de valores separados por comas, la cual es aceptada por el programa), correspondientes a la base de datos generada; y coberturas geográficas, que son los parámetros ambientales que pueden, potencialmente, limitar la capacidad de supervivencia de la especie (PHILLIPS *et al.*, 2006) (variables en extensión “.asc”, formato aceptado por el programa), correspondientes a las 7 variables bioclimáticas resultantes (PLISCOFF *et al.*, 2014). Se destaca el software *Maxent* (PHILLIPS *et al.*, 2006; ELITH *et al.*, 2011), ya que logra resultados robustos en términos de la proyección espacial de la distribución, especialmente cuando se cuenta con pocos datos de presencias (PEARSON *et al.*, 2007, KUMAR & STOHLGREN, 2009, en KUMAR *et al.*, 2014), sin embargo, la relevancia de las variables ambientales y su evaluación estadística se mantiene en discusión (PETERSON

et al., 2007, en PLISCOFF & FUENTES CASTILLO, 2011a). Pese a ello su uso se ha masificado en los últimos años, siendo utilizado en prácticamente todas las aplicaciones de modelos de distribución (BALDWIN, 2009).

ii. Calibración del modelo: esta se encuentra directamente relacionada con las configuraciones que se realizaron en la matriz de *Maxent*, una vez ingresados los datos con los que se van a elaborar los MDE. *Maxent* ha demostrado que con la configuración que viene por defecto también logra resultados muy válidos, pero en la presente investigación se realizaron algunos cambios. Las principales configuraciones se pueden ver a continuación (Ver Tabla N°2):

Parámetros básicos	Características
<i>Create response curves</i>	No viene marcada por defecto. Esta opción es útil para una visualización rápida de las respuestas de cada variable a la distribución potencial de las especies.
<i>Make pictures of predictions</i>	Viene marcada por defecto. Provee imágenes de la proyección geográfica de los resultados del modelo.
<i>Output format</i>	La opción de salida escogida es la “ logística ”, que viene por defecto, que representa un intento de estimar la probabilidad de presencia en cada pixel, bajo un supuesto simplificador representado por el parámetro llamado “ <i>default prevalence</i> ”, que se asume igual a 0.5. Es la más fácil de interpretar.
<i>Output file type</i>	La opción de salida escogida es “asc”, que puede ser importada por el software ArcGis.
Configuración básica	Características
<i>Random test percentage</i>	Este queda fijado en 30%, para no saturar el modelo. Esto quiere decir que 30% del total de registros de presencias será utilizado para testear cada uno de los modelos, y usado posteriormente en la evaluación de estos.
<i>Max number of background points</i>	Corresponde a la cantidad de máximas pseudo-ausencias que se utilizarán para la calibración del modelo. Fijados en 10000, número por defecto.
Configuración avanzada	Características
<i>Maximum iterations</i>	Este queda fijado en 1000, ya que define la cantidad máxima de relaciones que se darán en el modelo, y permite asegurar un buen margen máximo.
<i>Apply threshold rule</i>	Aplicar una regla de umbral, genera una cuadrícula de salida binaria, además de la cuadrícula regular de predicción. 10 percentile training presence es el umbral escogido, debido a ser uno de los más restrictivos en cuanto a la predicción de la distribución potencial, es decir, una salida más conservadora, comprobado mediante ejemplos de modelado con cada uno de los umbrales presentes en el programa. Además, es escogido debido a que mediante el uso del umbral mencionado, se obtiene un mejor resultado, ecológicamente significativo, si se compara con umbrales más restringidos (PHILLIPS & DUDEK, 2008, en REDON & LUQUE, 2010).

Tabla N° 2: Principales características de las configuraciones en la matriz de *Maxent*, correspondientes a la calibración del modelo. Fuente: elaboración propia, en base a la Comisión Nacional de Biodiversidad de México (<http://nicho.conabio.gob.mx/la-calibracion-del-modelo/maxent>).

Para la presente investigación, se realizaron **tres modelos de distribución** para cada una de las 23 especies arbóreas seleccionadas; el primer modelo contiene sólo registros de presencias en territorio chileno (Caso A); el segundo modelo contiene sólo registros de presencias en territorio argentino (Caso B); y el tercer modelo contiene los registros de presencias en ambos países en conjunto (Caso C), esto con el fin de comprobar parte de la

hipótesis de la presente memoria, que busca afirmar que la incorporación del rango total de registros de las especies arbóreas en territorios de ambos países estudiados (Caso C), generaría modelos de distribución que reflejen de forma más completa el nicho ecológico de las especies, que va más allá de los límites fronterizos nacionales.

iii. Evaluación del modelo: se llevó a cabo con el método umbral-independiente más conocido, que es el AUC (*Area under the curve*), que se obtiene comparando la proporción de falsos y verdaderos positivos, permitiéndole al investigador evaluar una clasificación mediante sus propios errores generados (MARQUET *et al.*, 2014), que se puede visualizar en los resultados del programa *Maxent* tras generar cada MDE. Para esto se generan tres valores: datos de entrenamiento (*Training Data*), datos de prueba (*Test Data*) y predicción al azar (*Random Prediction*). La curva de datos de prueba viene definida por el porcentaje de prueba que se le asignó al modelo previamente, en este caso 30% (Ver Tabla N°2). En la interpretación; si las curvas de entrenamiento y prueba se encuentran por debajo de la diagonal de predicción (0.5), el modelo producido no es mejor que el azar; en cambio, si las curvas de entrenamiento y de prueba se encuentran por sobre la curva de predicción al azar, significará que el modelo tiene cierto grado de confiabilidad, que aumentará conforme las curvas se aproximen a la esquina superior izquierda del plano diagramado (PHILLIPS *et al.*, 2006), generando un “*área de curva*” mayor. Los autores de *Maxent* (PHILLIPS *et al.*, 2006), señalan que el modelo no resultará mejor al azar si el valor expresado en la AUC es menor a 0.5. Si oscila entre 0.7 y 0.8 el modelo generado será aceptable, si oscila entre 0.8 y 0.9 el modelo será bueno, y, si es superior a 0.9 el modelo será excelente (SWETS, 1998, en MARQUET *et al.*, 2014).

iv. Proyección del modelo: luego de obtener los archivos de salida del programa *Maxent*, los cuales corresponden a una cuadrícula de salida binaria que contiene la restricción del umbral establecido (*10 percentile training presence*), y una cuadrícula regular que contiene la predicción del modelo, estos fueron espacializados. Para esto se utilizó el software *ArcGis 10.2.1*, el cual puede cargar archivos de extensión “.asc”. Estos archivos contienen la distribución potencial de las especies y el umbral de restricción bajo el cual se “acotó” esta distribución. Primero se convirtieron a formato *raster*, cuidando de cambiar el formato de salida de INTEGER, que viene por defecto, al formato de salida FLOAT. Se realizó este cambio debido a que los valores de la salida ASCII son mucho menores que 1.0, y se convertirían a 0, a menos que se seleccione el tipo de salida de datos FLOAT (YOUNG *et al.*, 2011). Luego de que ambos archivos se encontraron en formato *raster*, se siguieron los pasos mencionados a continuación (YOUNG *et al.*, 2011):

a. El archivo de salida de la cuadrícula binaria, que contenía la restricción del umbral establecido, fue reclasificado, solamente tomando en cuenta el valor 1, correspondiente a la distribución potencial que indica la presencia de la especie, para luego ser convertido a polígono (no simplificándolo).

b. Este polígono fue utilizado como molde para cortar el *raster* que contiene la predicción general del modelo, con el fin de conocer el gradiente de presencia de la especie, dentro de los límites del umbral escogido. Este gradiente fue dividido en múltiplos de 0.2, generándose la siguiente escala de valores de probabilidad de presencia: bajos (0-0.2), medio-bajos (0.2-0.4), medios (0.4-0.6), medio-altos (0.6-0.8), y altos (0.8-1), con el fin de obtener una mejor visualización de la probabilidad de presencia, y que luego fue utilizada en la caracterización de la distribución potencial.

c. Finalmente, se pudo proyectar cartográficamente, tanto el umbral absoluto que contiene y restringe la distribución potencial, como el gradiente de presencia de la especie, que estuvo directamente relacionado con la clasificación propuesta anteriormente.

Es importante destacar que debido a la extensión de la presente investigación, no se presentarán todas las cartografías de distribución dentro del Capítulo IV, sino que la mayoría de estas se encontrarán presentes en la sección de los Anexos, emparejadas según la cercanía en la escala de su distribución potencial. En el Capítulo IV, sin embargo, se presentarán las cartografías de tres especies arbóreas, representativas (con distribución a diferentes escalas) de la diferencia producida en el modelamiento en ambos países.

3.2.3 Caracterización de la distribución potencial de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina

Con el fin de entregar la mayor información acerca de cada una de las especies arbóreas en ambos países y su distribución potencial, se estableció una misma estructura para cada una de ellas, entre los que se destacan los siguientes elementos:

i. Breve descripción de la especie arbórea: nombre científico, nombres comunes, morfología (altura, tronco, corteza, hojas, entre otras características), y distribución conocida en ambos países, según GARCÍA & ORMAZABAL (2008) y ZULOAGA *et al.*, (2008) (IBODA).

ii. Principales diferencias en el modelamiento de las especies arbóreas en ambos países, con respecto a: 1) el umbral de corte desde donde se considera que existe probabilidad de presencia de la especie. A menor valor de umbral de corte mayor cantidad de áreas consideradas como presencia de la especie, lo que muchas veces puede conducir a una sobrepredicción de las presencias; 2) la distribución conocida en cada uno de los países; y 3) a las áreas que son tomadas, o no, en cuenta por cada uno de los modelos.

iii. Identificación de las principales diferencias de las respuestas de las variables bioclimáticas tanto para los modelos en Chile, como en Argentina, la cual fue resuelta tras el análisis de las curvas de respuesta (probabilidad de presencia según cada variable bioclimática, manteniendo el resto de las variables en su valor medio), y de la información que da cuenta de la contribución porcentual de cada variable al modelo. Se eligieron las cuatro variables bioclimáticas más importantes para cada uno de los modelos.

iv. Descripción general de la distribución potencial de cada una de las especies arbóreas, utilizando el modelo elaborado con los registros de presencia de ambos países, haciendo alusión: al umbral de corte desde donde se considera la probabilidad de presencia de la especie, a los límites longitudinales/latitudinales que poseería la especie, a las regiones y provincias político-administrativas en las cuales estaría inserta, al igual que las ecorregiones correspondientes. Para hacer esta sección, se utilizó la escala de valores de probabilidad de presencia, mencionada anteriormente, la cual posee 5 categorías: baja (0-0.2), medio-baja (0.2-0.4), media (0.4-0.6), media-alta (0.6-0.8), y alta (0.8-1); y a su vez la caracterización de la distribución potencial fue separada en las macroformas de ambos países considerados, en: 1) cordillera de la Costa (y/o planicies litorales), 2) Depresión Intermedia (y/o cordones transversales), y 3) cordillera de los Andes, en ambas vertientes (y/o Estepa Patagónica), para un mayor entendimiento del lector.

3.3 Pasos metodológicos para la evaluación de la representatividad de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, en las áreas protegidas oficiales de Chile

3.3.1 Fuentes de información sobre la localización de las áreas protegidas oficiales de Chile

La Base de Datos Mundial de Áreas Protegidas (WDPA) es el mayor conjunto de datos espaciales globales sobre áreas protegidas marinas y terrestres disponibles. Las áreas protegidas son reconocidas internacionalmente como las principales herramientas en la conservación de especies y ecosistemas (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b). Esta base de datos se puede descargar gratuitamente desde la página web oficial de la WDPA (<http://www.protectedplanet.net/>). La WDPA es un proyecto conjunto entre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), gestionado por el Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial (PNUMA-WCMC). El conjunto de datos descargados muestran la distribución global de las áreas protegidas terrestres y marinas, así como sitios que no cumplen con la definición estándar de un área protegida pero logran la conservación a largo plazo, denominados genéricamente como “otras medidas de conservación eficaces” (OECM). Según la información extraída desde la WDPA, existen 180 áreas protegidas en Chile, las cuales se encuentran divididas en 9 figuras de protección.

3.3.2 Superposición de datos: evaluación de la representatividad y riqueza de especies arbóreas en las áreas protegidas oficiales de Chile

Para evaluar la representatividad, es decir, el grado de protección de las especies arbóreas consideradas en la presente memoria, se debió superponer la distribución potencial de cada

una de estas con la red de áreas protegidas oficiales de Chile. Cabe destacar, que fueron considerados dos escenarios bajo los cuales fue evaluada la representatividad, los cuales fueron comparados: el escenario 1, correspondiente a la superposición espacial entre las áreas protegidas y la distribución potencial establecida mediante el MDE elaborado con registros de ambos países, y el escenario 2, que realiza el mismo ejercicio, pero con la distribución potencial establecida mediante el MDE elaborado sólo con registros de Chile, con el fin de comparar ambos modelos de distribución de especies, y comprobar nuevamente la hipótesis planteada al comienzo de la investigación.

Antes de realizar lo mencionado anteriormente, a cada uno de los polígonos resultantes, que correspondían a la distribución potencial de las especies arbóreas, se les debieron eliminar los usos de suelo antrópicos, áreas urbanas e industriales, terrenos agrícolas, plantaciones forestales, cuerpos de agua, y áreas externas a Chile, con el fin de que la evaluación de la representatividad fuese realizada con el menor grado de error posible, obteniendo así una distribución potencial “remanente” (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b). Estos usos de suelo fueron descargados de la página web del Sistema de Información Territorial de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) (<http://sit.conaf.cl/>), la cual posee información del catastro de uso de suelo y vegetación nativa de cada una de las regiones político-administrativas de Chile. La superposición de datos, y la eliminación de los usos de suelo mencionados, fue llevada a cabo en el software *ArcGis* 10.2.1, en el cual se pudo obtener la superficie (en km²) de la distribución potencial remanente de cada una de las especies arbóreas, que estarían siendo representadas por las áreas protegidas oficiales de Chile, con el fin de obtener el “índice de representatividad” de cada una de las especies, y en cada uno de los escenarios, que fue calculado mediante la siguiente ecuación propuesta por PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO (2011b):

$$\text{Índice de Representatividad} = \frac{\text{Superficie protegida de la distribución potencial remanente} \times 100}{\text{Superficie total de la distribución potencial remanente}}$$

Luego de conocer los índices de representatividad de cada una de las especies arbóreas (en cada uno de los escenarios propuestos), estos fueron clasificados en dos grupos: 1) por debajo o 2) sobre la meta de conservación, bajo los parámetros propuestos por SQUEO *et al.* (2010). Los autores destacan que cualquiera sea el objeto de conservación, la meta debería alcanzar el 10%, aunque esto cambiaría si el objeto de conservación se encuentra en alguna categoría de conservación bajo amenaza (según UICN), o “Casi Amenazada”. Por lo tanto, si alguna especie se encuentra “Casi Amenazada”, la meta de conservación debería alcanzar el 15%, si se encuentra “Vulnerable”, debería alcanzar el 25%, y finalmente, si se encuentra “En Peligro”, debería alcanzar el 50%. En base a estos porcentajes fue evaluada la representatividad en ambos escenarios, que además fueron comparados en cuanto a la eficiencia en la conservación. Finalmente, se realizó un ranking de las áreas protegidas oficiales de Chile, que podrían contar con la mayor cantidad de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Elaboración de una base de datos actualizada de los registros de presencia de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina

A continuación, se presenta un resumen de la base de datos actualizada de los registros de presencia de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, que da cuenta de los nombres científicos de las especies arbóreas consideradas, ordenados alfabéticamente (Ver Tabla N°3). Esta destaca la cantidad de registros únicos por cada una de las especies arbóreas presentes en cada país, y en ambos países juntos. En la tabla, se puede apreciar que el número total de especies arbóreas en la base de datos es de 38, con un total de 8048 registros de presencias en ambos países estudiados, los cuales posteriormente se encuentran georreferenciados (Ver Figura N°14).

Especies arbóreas	Caso A	Caso B	Caso C
01. <i>Acrisione denticulata</i> (Hook. & Arn.) B.Nord.	50	05	55
02. <i>Aextoxicon punctatum</i> Ruiz & Pav.	251	09	260
03. <i>Amomyrtus luma</i> (Molina) D.Legrand & Kausel	144	15	159
04. <i>Araucaria araucana</i> (Molina) K.Koch	80	40	120
05. <i>Austrocedrus chilensis</i> (D. Don) Pic.Serm. & Bizzarri	198	120	318
06. <i>Azara microphylla</i> Hook.f.	15	16	31
07. <i>Buddleja globosa</i> Hope	35	50	85
08. <i>Caldcluvia paniculata</i> (Cav.) D.Don	173	16	189
09. <i>Dasyphyllum diacanthoides</i> (Less.) Cabrera	119	29	148
10. <i>Drimys winteri</i> J.R.Forst. & G.Forst.	301	89	390
11. <i>Embothrium coccineum</i> J.R.Forst. & G.Forst.	250	99	349
12. <i>Escallonia serrata</i> Sm.	08	14	22
13. <i>Eucryphia cordifolia</i> Cav.	168	12	180
14. <i>Fitzroya cupressoides</i> (Molina) I.M.Johnst	108	50	158
15. <i>Gevuina avellana</i> Molina	255	15	270
16. <i>Laureliopsis philippiana</i> (Looser) Schodde	97	24	121
17. <i>Lomatia dentata</i> (Ruiz & Pav.) R.Br.	260	03	263
18. <i>Lomatia ferruginea</i> (Cav.) R.Br.	151	30	181
19. <i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels	326	73	399
20. <i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret	432	35	467
21. <i>Maytenus magellanica</i> (Lam.) Hook.f.	87	37	124
22. <i>Myrceugenia chrysocarpa</i> (O.Berg) Kausel	24	19	43
23. <i>Myrceugenia exsucca</i> (DC.) O.Berg	237	20	257
24. <i>Myrceugenia planipes</i> (Hook. & Arn.) O.Berg	187	02	189
25. <i>Nothofagus alpina</i> (Poepp. & Endl.) Oerst.	154	40	194
26. <i>Nothofagus antarctica</i> (G.Forst.) Oerst.	233	161	394
27. <i>Nothofagus betuloides</i> (Mirb.) Oerst.	101	66	167
28. <i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst.	296	121	417
29. <i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst.	293	32	325
30. <i>Nothofagus pumilio</i> (Poepp. & Endl.) Krasser	131	140	271
31. <i>Persea lingue</i> (Ruiz & Pav.) Nees	246	06	252
32. <i>Pilgerodendron uviferum</i> (D.Don) Florin	102	46	148
33. <i>Podocarpus nubigenus</i> Lindl.	106	17	123
34. <i>Raukava laetevirens</i> (Gay) Frodin	166	38	204
35. <i>Saxegothaea conspicua</i> Lindl.	110	39	149
36. <i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	309	10	319
37. <i>Tepualia stipularis</i> (Hook. & Arn.) Griseb.	52	19	71
38. <i>Weinmannia trichosperma</i> Cav.	203	33	236
TOTAL	6458	1590	8048

Tabla N° 3: Cantidad de registros de presencias para las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina. Los registros se encuentran divididos en los casos A, B y C, que indican los tres grupos en los cuales se basará el posterior modelado, utilizando los registros sólo en Chile (A), sólo en Argentina (B), y los comprendidos entre ambos países (C). Fuente: elaboración propia.

Se puede destacar que la mayoría de los registros de presencias por especie, presentan una mayor cantidad en territorio chileno, por sobre el argentino. Se destacan sólo cuatro especies: *Azara microphylla*, *Buddleja globosa*, *Escallonia serrata* y *Nothofagus pumilio*, como las únicas que presentan mayor cantidad de registros en Argentina, lo que está directamente relacionado con las fuentes de información que se utilizaron para conformar la base de datos final, mucho más completas en el caso chileno. Cabe destacar que el promedio de registros de presencias en territorio chileno es de 169, muy superior al promedio en territorio argentino, que es de aproximadamente 41, lo que queda reflejado en la gran diferencia existente en la cantidad de registros de presencias de cada país, 6458 y 1590, respectivamente.

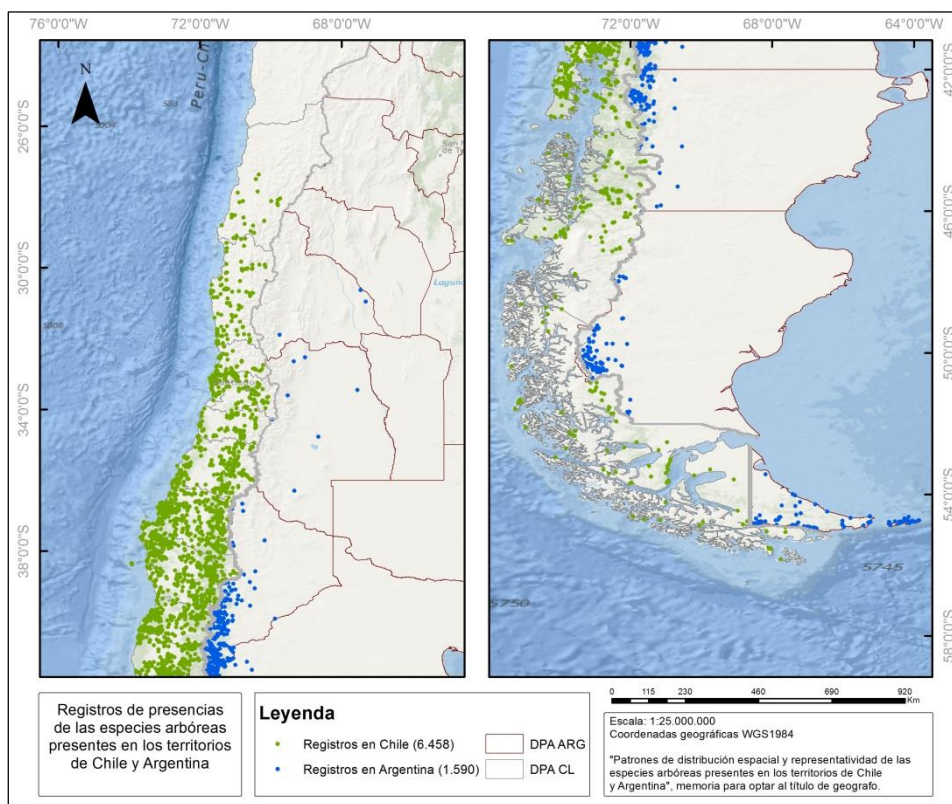


Figura N° 14: Cartografía de los registros de presencias de las especies arbóreas en territorios de Chile (en verde) y Argentina (en azul). Fuente: elaboración propia, en base a registros de los herbarios: SGO, UdeC, Museo de la Plata (Argentina) y *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF).

Al destacar las mayores cantidades de registros de presencias, como se puede ver en la Tabla N°3, las tres especies arbóreas que sobrepasan con creces el promedio en territorio chileno, superando los 300 registros, son: *Luma apiculata* (432), *Lomatia hirsuta* (326) y *Schinus polygamus* (309); mientras que en territorio argentino, las tres especies arbóreas que mayor cantidad de registros poseen, sobrepasando sólo los 120 registros, son: *Nothofagus antarctica* (161), *Nothofagus pumilio* (140) y *Nothofagus dombeyi* (121). Cabe destacar que el máximo de registros de presencias alcanzados en territorio argentino (161), no logra sobrepasar el promedio de registros en territorio chileno (169), lo que nuevamente

recalca la robustez de los datos en Chile. Por otra parte, al destacar las menores cantidades de registros de presencias, las tres especies arbóreas representadas en territorio chileno, son: *Escallonia serrata* (8), *Azara microphylla* (15) y *Myrceugenia chrysocarpa* (24); mientras que en territorio argentino, las tres especies arbóreas que menor cantidad de registros poseen son: *Myrceugenia planipes* (2), *Lomatia dentata* (3) y *Acrisione denticulata* (5).

4.1.1 Registros de presencia de las especies arbóreas en Chile

Como se puede apreciar en la Figura N°14, los 6458 registros de presencias en territorio chileno, se distribuyen desde la III Región de Atacama, hasta la XII Región de Magallanes. En base a esta información se puede establecer que hay una clara predominancia de registros desde la VII a la X Región, que representan aproximadamente el 84% de la muestra de registros de las especies arbóreas en Chile (Ver Tabla N°4).

Código de Región	Nombre de Región	Número de presencias únicas	Porcentaje del Total
03	Atacama	27	0.42%
04	Coquimbo	141	2.18%
05	Valparaíso	170	2.63%
06	O'Higgins	115	1.78%
07	Maule	659	10.20%
08	Biobío	1.575	24.39%
09	Araucanía	1.002	15.52%
10	Los Lagos	1.362	21.09%
11	Aysén	297	4.60%
12	Magallanes	170	2.63%
13	Metropolitana	113	1.75%
14	Los Ríos	827	12.81%
Total		6.458	100%

Tabla N° 4: Cantidad de registros de presencia únicos de las especies arbóreas, divididos por las regiones político-administrativas del territorio chileno en donde se encuentran. Fuente: elaboración propia.

4.1.2 Registros de presencia de las especies arbóreas en Argentina

Como se puede apreciar en la Figura N°14, los 1590 registros de presencias en territorio argentino, se distribuyen en las 7 provincias del límite sur-oeste de ese país, desde la provincia de San Juan, hasta la provincia de Tierra del Fuego. En base a esta información se puede establecer que hay una clara predominancia de los registros de presencia en las provincias de Neuquén y Río Negro, con un 76.67% de la muestra total (Ver Tabla N°5).

Nombre de Provincia	Número de presencias únicas	Porcentaje del Total
San Juan	3	0.19%
Mendoza	7	0.44%
Neuquén	615	38.68%
Río Negro	341	21.45%
Chubut	263	16.54%
Santa Cruz	205	12.89%
Tierra del Fuego	156	9.81%
Total	1.590	100%

Tabla N° 5: Cantidad de registros de presencia únicos de las especies arbóreas, divididos por las provincias político-administrativas del territorio argentino en donde se encuentran. Fuente: elaboración propia.

4.2 Caracterización de la distribución potencial de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, mediante el uso de Modelos de Distribución de Especies.

4.2.1 Selección de las especies arbóreas y las variables bioclimáticas a modelar

i. Especies arbóreas a modelar: como ya se mencionó anteriormente, en relación al número ideal de presencias por unidad natural analizada, este varía de acuerdo al objetivo planteado (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a). Para la presente investigación el número mínimo para la elaboración de los modelos de distribución de especies, es de 20 registros de presencias. Bajo esta condición, la anterior tabla de registros de presencias de las especies arbóreas en los territorios de Chile y Argentina, es modificada, resultando la que se presenta a continuación, solamente con 23 especies a modelar para cada caso (Ver Tabla N°6).

Especies arbóreas a modelar	Caso A	Caso B	Caso C
01. <i>Araucaria araucana</i> (Molina) K.Koch	80	40	120
02. <i>Austrocedrus chilensis</i> (D. Don) Pic.Serm. & Bizzarri	198	120	318
03. <i>Buddleja globosa</i> Hope	35	50	85
04. <i>Dasyphyllum diacanthoides</i> (Less.) Cabrera	119	29	148
05. <i>Drimys winteri</i> J.R.Forst. & G.Forst.	301	89	390
06. <i>Embothrium coccineum</i> J.R.Forst. & G.Forst.	250	99	349
07. <i>Fitzroya cupressoides</i> (Molina) I.M.Johnst	108	50	158
08. <i>Laureliopsis philippiana</i> (Looser) Schodde	97	24	121
09. <i>Lomatia ferruginea</i> (Cav.) R.Br.	151	30	181
10. <i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels	326	73	399
11. <i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret	432	35	467
12. <i>Maytenus magellanica</i> (Lam.) Hook.f.	87	37	124
13. <i>Myrceugenia exsucca</i> (DC.) O.Berg	237	20	257
14. <i>Nothofagus alpina</i> (Poepp. & Endl.) Oerst.	154	40	194
15. <i>Nothofagus antarctica</i> (G.Forst.) Oerst.	233	161	394
16. <i>Nothofagus betuloides</i> (Mirb.) Oerst.	101	66	167
17. <i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst.	296	121	417
18. <i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst.	293	32	325
19. <i>Nothofagus pumilio</i> (Poepp. & Endl.) Krasser	131	140	271
20. <i>Pilgerodendron uviferum</i> (D.Don) Florin	102	46	148
21. <i>Raukaua laetevirens</i> (Gay) Frodin	166	38	204
22. <i>Saxegothaea conspicua</i> Lindl.	110	39	149
23. <i>Weinmannia trichosperma</i> Cav.	203	33	236
TOTAL	4210	1412	5622

Tabla N° 6: Cantidad de registros de presencias para las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, que efectivamente serán modeladas, debido a presentar en cualquiera de los 3 casos (A, B y C), más (o igual cantidad) de 20 registros de presencias; sólo en Chile (A), sólo en Argentina (B), y los comprendidos entre ambos países (C). Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla N°6, aproximadamente el 40% de las especies arbóreas de la tabla original fueron excluidas, debido a no presentar los 20 registros mínimos de presencia, para cualquiera de los casos. Por ejemplo, el *Schinus polygamus*, había sido uno de los destacados por ser parte de las tres especies arbóreas con más registros en Chile (309), pero debido a que la especie presenta sólo 10 registros en territorio argentino, no es posible generar los MDE requeridos, puesto que no tendría un margen de comparación válido, y por lo tanto se excluye. Sólo las especies arbóreas que poseen más (o igual cantidad) de 20 registros de presencia, son parte de las especies seleccionadas,

reduciéndose así la extensión del área de estudio a la presentada en el Capítulo I. Debido a este cambio, el límite norte de los registros de presencia a modelar, se encuentra ahora en la IV región de Coquimbo, en territorio chileno, y en la provincia de Mendoza, en territorio argentino (Ver Figura N°15). Se reduce también el número final de registros de presencia desde 8048 a 5622.

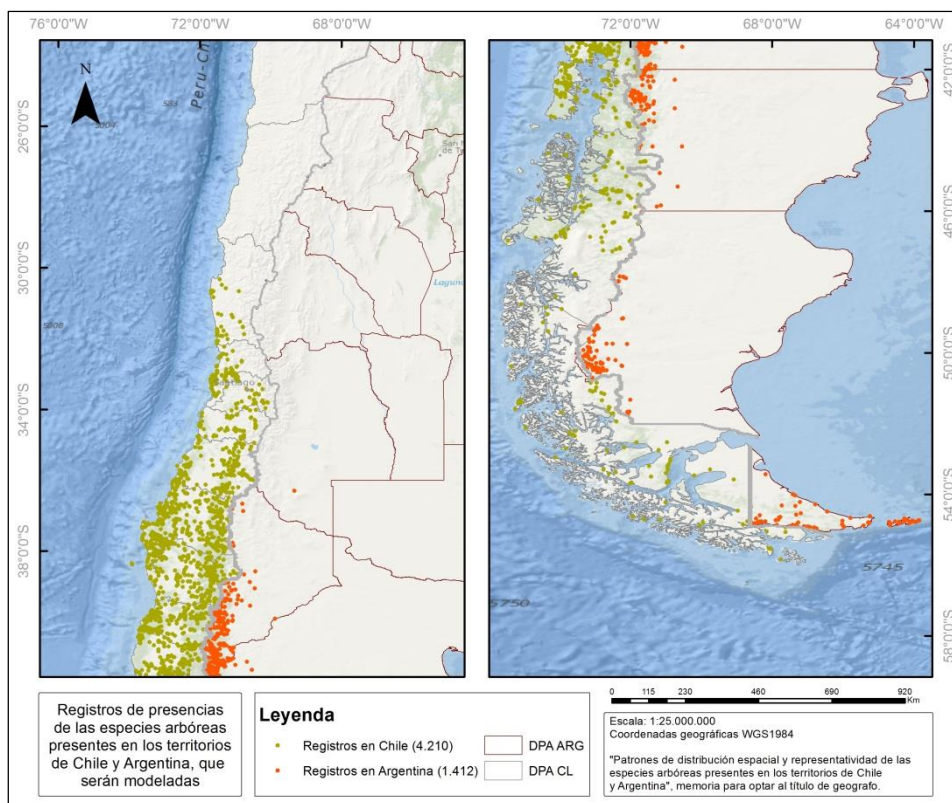


Figura N° 15: Cartografía de los registros de presencias de las especies arbóreas, presentes en los territorios de Chile (en lima) y Argentina (en naranja), con los que efectivamente se modelará. Fuente: elaboración propia, en base a registros de los herbarios: SGO, UdeC, Museo de la Plata (Argentina) y *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF).

Además, si se destacan los límites naturales que contienen los registros de presencia de las especies arbóreas, estos se pueden clasificar dentro de las distintas ecorregiones que forman parte de la zona abarcada (Ver Tabla N°7). En esta tabla se destaca a la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, como la principal contenedora de los registros de presencia de las especies arbóreas en ambos países, que efectivamente serán modeladas (83%). Es en esta ecorregión donde existen los mayores registros de presencia en 22 especies arbóreas, sólo presentándose una excepción en la especie *Nothofagus betuloides*, que presenta una mayor cantidad de registros de presencia en la ecorregión de los Bosques Subpolares Magallánicos; segunda ecorregión que más registros de presencia presenta, aunque bastante lejana de los 4662 registros de la primera ecorregión mencionada.

Especies arbóreas a modelar	MCH	BTV	EP	BSM	TOTAL
01. <i>Araucaria araucana</i> (Molina) K.Koch	0	118	2	0	120
02. <i>Austrocedrus chilensis</i> (D. Don) Pic.Serm. & Bizzarri	12	298	8	0	318
03. <i>Buddleja globosa</i> Hope	4	74	7	0	85
04. <i>Dasyphyllum diacanthoides</i> (Less.) Cabrera	6	141	1	0	148
05. <i>Drimys winteri</i> J.R.Forst. & G.Forst.	75	246	7	62	390
06. <i>Embothrium coccineum</i> J.R.Forst. & G.Forst.	13	274	10	52	349
07. <i>Fitzroya cupressoides</i> (Molina) I.M.Johnst	0	156	2	0	158
08. <i>Laureliopsis philippiana</i> (Looser) Schodde	3	116	2	0	121
09. <i>Lomatia ferruginea</i> (Cav.) R.Br.	3	168	5	5	181
10. <i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels	39	355	5	0	399
11. <i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret	46	420	0	1	467
12. <i>Maytenus magellanica</i> (Lam.) Hook.f.	0	90	5	29	124
13. <i>Myrceugenia exsucca</i> (DC.) O.Berg	66	191	0	0	257
14. <i>Nothofagus alpina</i> (Poepp. & Endl.) Oerst.	18	175	1	0	194
15. <i>Nothofagus antarctica</i> (G.Forst.) Oerst.	11	261	21	101	394
16. <i>Nothofagus betuloides</i> (Mirb.) Oerst.	0	56	2	109	167
17. <i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst.	17	394	5	1	417
18. <i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst.	34	290	1	0	325
19. <i>Nothofagus pumilio</i> (Poepp. & Endl.) Krasser	5	175	17	74	271
20. <i>Pilgerodendron uviferum</i> (D.Don) Florin	0	116	4	28	148
21. <i>Raukaua laetevirens</i> (Gay) Frodin	2	180	1	21	204
22. <i>Saxegothaea conspicua</i> Lindl.	1	147	1	0	149
23. <i>Weinmannia trichosperma</i> Cav.	8	221	4	3	236
TOTAL	363	4662	111	486	5622

Tabla N° 7: Cantidad de registros de presencia de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, según las ecorregiones terrestres en las que se encuentran. MCH: Matorral Chileno, BTV: Bosques templados valdivianos, EP: Estepa Patagónica y BSM: Bosques Subpolares Magallánicos. Fuente: elaboración propia.

ii. Variables bioclimáticas a modelar: estas variables predictoras son resultado del proceso estadístico descrito en el Capítulo III, bajo el cual se eligieron las siete variables bioclimáticas, realizado por PLISCOFF *et al.*, (2014), que presentaban menor correlación (Ver Tabla N°8), con el fin de reducir la redundancia de datos y acortar el tiempo de análisis.

Código	Nombre y detalle de la variables
bio6	Temperatura mínima del mes más frío. Se mide en °C (Celsius)*10.
bio7	Rango de temperatura anual (bio5 - bio6). Se encuentra expresada en °C (Celsius)*10.
bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo. Se encuentra expresada en °C (Celsius)*10.
bio11	Temperatura media del trimestre más frío. Se encuentra expresada en °C (Celsius)*10.
bio12	Precipitación anual. Se encuentra expresada en mm (milímetros) *1.
bio14	Precipitación del mes más seco. Se encuentra expresada en mm (milímetros)*1.
bio17	Precipitación del trimestre más seco. Se encuentra expresada en mm (milímetros)*1.

Tabla N° 8: Variables bioclimáticas seleccionadas para la elaboración de los modelos de distribución de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina. Fuente: elaboración propia, en base a HIJMANS *et al.*, (2005); obtenidas en <http://www.ccafs-climate.org/downloads/docs/bioclimatic-variables.pdf>.

Para un mejor entendimiento, fueron cartografiadas tanto las variables bioclimáticas asociadas a precipitación (Ver Anexo N°1), como las asociadas a temperatura (Ver Anexo N°2). En las primeras, se puede notar la existencia de una gran concentración de las precipitaciones en el sur del territorio chileno (desde ~42°S), que luego hacia el este de los Andes va disminuyendo, debido al efecto de sombra de lluvia que estos generan. En las segundas, se refleja una diferencia en las temperaturas mínimas, mucho más bajas en el

sector de los Andes y hacia el territorio argentino, en desmedro de las presentes en territorio nacional, mientras que el rango de temperatura anual, que resta la temperatura máxima del mes más cálido (bio5) con la temperatura mínima del mes más frío (bio6), presenta menores valores en territorio chileno, es decir, una menor amplitud térmica, característica que se extiende a lo largo de toda la costa nacional, y desde los 40°S hacia el sur.

4.2.2 Evaluación de los modelos de distribución de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina

Para el entrenamiento, y la calibración-evaluación de los modelos de distribución de especies se establecieron porcentajes del 70%-30%, es decir, el 30% del total de los registros de presencia fueron ocupados para calibrar y validar cada uno de los modelos, mientras el 70% de ellos fue para entrenar el modelo. El modelo binario final se determinó usando la regla del umbral *10 percentile training presence*, la cual obtiene mejores resultados, ecológicamente significativos, si se compara con umbrales más restringidos. En la evaluación de los tres modelos de distribución para cada una de las 23 especies arbóreas, se calcularon los valores de AUC (Ver Anexo N°3).

De una manera general, se puede destacar que los valores AUC para los modelos de distribución de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, según cada caso, presentan niveles muy altos, sobrepasando los 0.9, lo que significaría que serían excelentes modelos estadísticos (SWETS, 1998, en MARQUET *et al.*, 2014). Se da una relación muy particular puesto que las especies que presentan los menores registros de presencia, que se encuentran en territorio argentino, *Dasyphyllum diacanthoides* (29), *Laureliopsis philippiana* (24) y *Myrceugenia exsucca* (20), presentan los valores AUC más altos, con 0.997, 0.998 y 0.997, respectivamente; lo que reafirma la premisa de que el programa *Maxent* es relativamente robusto para tamaños de muestra pequeños (PEARSON *et al.*, 2007, KUMAR & STOHLGREN, 2009, en KUMAR *et al.*, 2014). Además, esto es confirmado, debido a que la mayoría de los valores AUC (en 18 especies arbóreas) son mayores en el caso B (MDE con registros en territorio argentino) que en el caso A (MDE con registros en territorio chileno), el cual presenta menores registros de presencia en general. También se puede destacar que los valores AUC son menores en el caso C, al momento de generar los MDE con los registros de ambos países, en desmedro de los casos A y B de la misma especie, dándose esta relación en 17 especies arbóreas.

4.2.3 Distribución potencial de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina

A continuación se presenta la caracterización de la distribución potencial actual de las 23 especies presentes en los territorios de Chile y Argentina seleccionadas anteriormente (Ver Tabla N°6).

4.2.3.1 Distribución potencial de *Araucaria araucana* (Molina) K.Koch, en Chile y Argentina

Araucaria araucana posee distintos nombres comunes: araucaria, pehuén, piñonero, pino piñonero o pino araucaria. Es un árbol de copa anchamente piramidal, similar a un paraguas, con un patrón de ramificación relativamente regular y de disposición perpendicular al tronco o ligeramente arqueada hacia arriba. Es capaz de crecer hasta 50 metros de altura, y posee un tronco grueso y recto; de unos 2.5 metros de diámetro. Su corteza es gruesa, agrietada y en forma de placas hexagonales (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, la araucaria se distribuye en la cordillera de los Andes desde Laguna del Laja (Prov. Biobío, VIII Región), hasta el norte de la provincia de Valdivia (XIV Región), entre los 800 y 1700 msnm. Presenta una distribución costera discontinua en la cordillera de Nahuelbuta, provincia de Malleco, y en los Altos de Tirúa, sector de Villa Las Araucarias, provincia de Cautín (VIII y IX Región), donde crece entre los 600 y 1400 msnm. También está presente en Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén y Río Negro (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento de la araucaria en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos (Ver Figura N°16), se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.41. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta la provincia de Chubut en su propio territorio, y una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la VI a la XI Región y, áreas de la Depresión Intermedia y cordillera de la Costa de las regiones VIII y IX, es decir, incorpora una gran extensión latitudinal (que supera con creces a la distribución conocida de la especie en ambos países), lo que podría conducir a una sobrepredicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.16, un valor muy bajo con respecto al considerado para el territorio chileno, y a la vez, muy lejano de la media de probabilidad de presencia (0.5).

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento de la araucaria y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°17), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países.

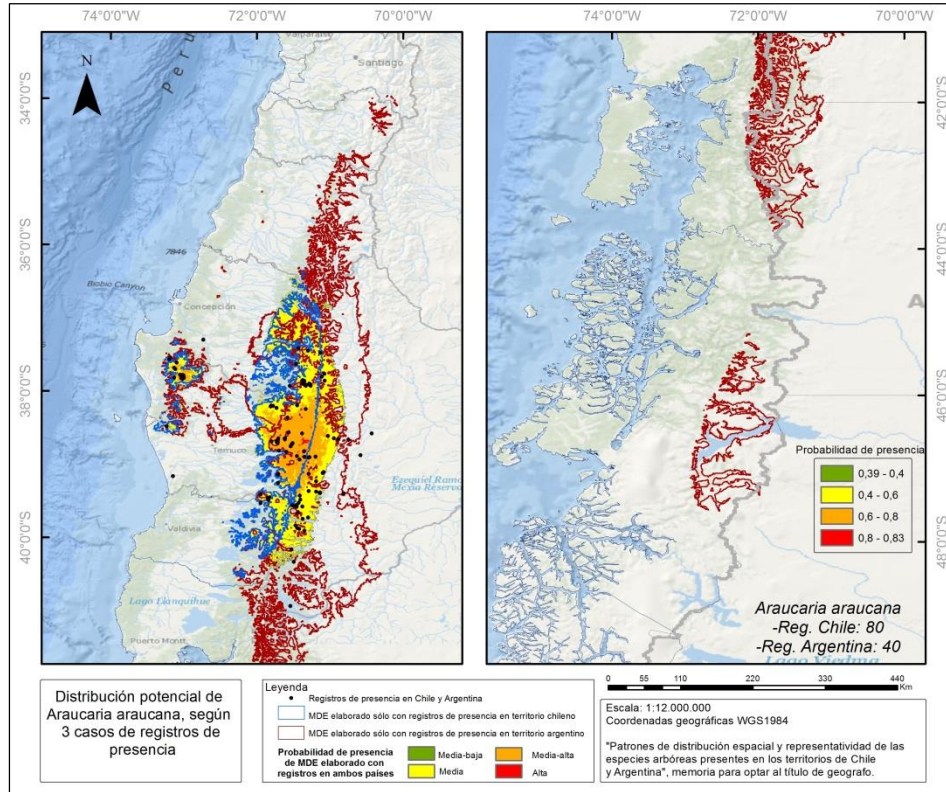


Figura N° 16: Distribución potencial de *Araucaria araucana*, según 3 casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

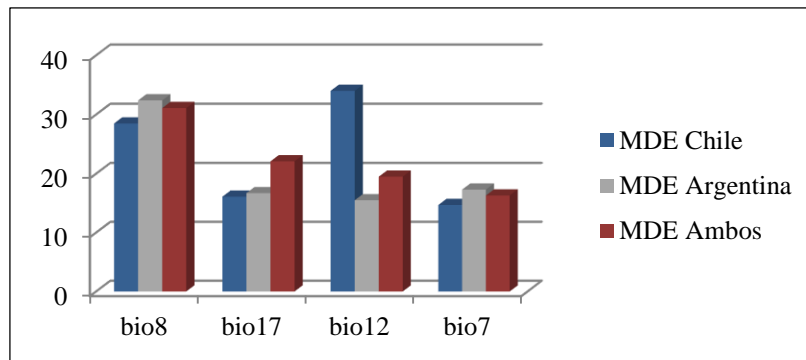


Figura N° 17: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Araucaria araucana* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que la precipitación del trimestre más seco (bio17), tercera variable más importante en ambos modelos por separado, asciende al segundo lugar, con un 22.1%, en el modelo final. Esta alcanzaría mayores rangos de precipitación en territorio argentino (0 a 853 mm), que en territorio chileno (0 a 220 mm). Es la variable bioclimática de temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), que constaba del primer y segundo lugar de contribución al modelo en territorio argentino y chileno, respectivamente, la que presenta un mayor porcentaje de contribución al modelo final, con un 31.1%. Esta alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio chileno (-10°C a 14°C), que en territorio argentino (-

7°C a 7°C). Finalmente, en esta especie se destaca que la primera variable en importancia en el territorio chileno, precipitación anual (bio12), descienda al tercer lugar en el modelo final.

2. Descripción general de la distribución potencial de la araucaria en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Figura N°16), con un umbral mínimo de 0.39, refleja que la distribución potencial de la araucaria coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, presentándose sin embargo, valores infrecuentes hacia el norte de la distribución conocida en territorio chileno, ya que se anexan áreas de la cordillera andina de las provincias de Linares (VII Región) y Ñuble (VIII Región), y en territorio argentino, donde no se toma en cuenta la provincia de Río Negro; lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 36°25'S, en Alto Chandía (Prov. Linares, VII Región), al norte del límite regional entre el Maule y Biobío, hasta los 40°25'S, al norte del Parque Nacional Puyehue (Prov. Ranco, XIV Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en dos grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa: en esta zona, la distribución potencial de la araucaria se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medios a medio-altos; desde los 37°20'S, en el comienzo de la cordillera de Nahuelbuta (Prov. Arauco, VIII Región), hasta los 38°30'S en el límite provincial entre Malleco y Cautín (IX Región). Se destacan los valores medio-altos (entre 900 y 1200 msnm), que se presentan entre los 37°40'S y los 37°50'S, en torno al Parque Nacional Nahuelbuta. Los valores medios se presentan al sur de esta latitud, y hasta los 38°35'S, lo que correspondería a la siguiente población de araucarias en la cordillera de la Costa.

ii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial de la araucaria se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medios a altos; desde los 36°25'S, en Alto Chandía, hasta los 40°25'S, al norte del Parque Nacional Puyehue. Se destacan los valores medio-altos (< 1700 msnm), que se presentan desde los 37°S, al oeste de la Reserva Nacional Ñuble (Prov. Ñuble, VIII Región), a los 38°45'S en la Reserva Nacional China Muerta (Prov. Cautín, IX Región). En torno a esta latitud se presentan los valores altos (< 1400 msnm) de probabilidad de presencia en territorio chileno, para que luego hacia el sur reaparezcan los valores medio-altos a ambas vertientes de la cordillera de los Andes, en la provincia de Cautín (IX Región) en los Andes chilenos, y en el departamento de Aluminé (Prov. Neuquén) en los Andes argentinos. Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica,

representada entre los 37°55'S y los 38°20'S, en el departamento de Loncopué (Prov. Neuquén), en torno al meridiano 70°50'O.

4.2.3.2 Distribución potencial de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic.Serm. & Bizzarri, en Chile y Argentina

Austrocedrus chilensis posee distintos nombres comunes: ciprés de la cordillera, lahuán o len. Es un árbol siempreverde, con copa piramidal compacta, que alcanza hasta los 25 metros de altura. Posee un tronco recto que llega a medir cerca de 2 metros de diámetro, y su corteza puede ser áspera o rugosa (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). La distribución conocida del ciprés de la cordillera se encuentra naturalmente a lo largo de una angosta franja discontinua de no más de 50 km de ancho que corre paralela a la cordillera de los Andes desde el norte de la capital de Chile (32°39'S), hasta el Arroyo Comisorio, al sur del pueblo de Corcovado en la Patagonia argentina (43°44'S) (DONOSO, 2004). En la cordillera de la Costa se presenta esporádicamente en algunas subpoblaciones dispersas, desde la Región del Biobío (provincia de Arauco, 37°30'S) hasta la Región de Los Ríos, (provincia de Valdivia, 40°20'S) (HECHENLEITNER *et al.*, 2005). También está presente en Argentina, donde es una especie abundante (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), creciendo entre Neuquén (36°30'S) y Chubut (43°35'S), ocupando una estrecha franja de hasta 60-80 km de ancho (LA MANNA, 2005, en MUÑOZ & SERRA, 2006).

1. Principales diferencias en el modelamiento del ciprés de la cordillera en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.28. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta pequeñas zonas en la cordillera andina de la XI Región de Aysén, en Chile; y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.38, que si bien es un valor mayor al establecido para el territorio chileno, sigue siendo un valor bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del ciprés de la cordillera y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°18), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

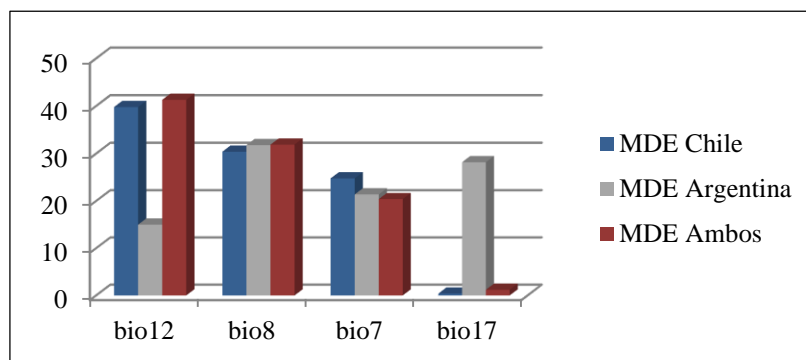


Figura N° 18: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Austrocedrus chilensis* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que las tres primeras variables bioclimáticas más contribuyentes al modelo en territorio chileno, son replicadas en el modelo final (bio12: 41.3%, bio8: 31.9% y bio7: 20.4%). Mientras que la precipitación anual (bio12) alcanzaría mayores rangos en territorio chileno (1400 a 5434 mm), que en territorio argentino (700 a 1700 mm); la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8) se mantendría con rangos equivalentes en cada país (-10°C a 5°C). Finalmente, en esta especie llama la atención que la segunda variable en importancia en el territorio argentino, precipitación del trimestre más seco (bio17), descienda al sexto lugar en el modelo final, sólo con un 1.2% de contribución.

2. Descripción general de la distribución potencial del ciprés de la cordillera en Chile y Argentina.

El modelo final (Ver Anexo N°4), con un umbral mínimo de 0.31, refleja que la distribución potencial del ciprés de la cordillera coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, presentándose sin embargo, valores infrecuentes hacia el norte y el sur de la distribución conocida en territorio chileno, ya que se anexan zonas en la cordillera de la costa en el límite regional entre la RM y Valparaíso, y en la cordillera andina de la XI Región, lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 33°S en el Parque Nacional La Campana (Prov. Quillota, V Región), a los 46°40'S en las proximidades del lago General Carrera (Prov. General Carrera, XI Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del ciprés de la cordillera se encuentra contenida en dos ecorregiones, el Matorral Chileno y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 33°S, en el Parque

Nacional La Campana, hasta los 40°10'S al oeste de la localidad de Pichirropulli (Prov. Valdivia, XIV Región). Se destacan los valores medio-altos (entre los 900 y 1200 msnm), que se presentan entre los 37°35'S y los 37°50'S, en la cordillera de Nahuelbuta, en torno al Parque Nacional Nahuelbuta y sus alrededores, en el límite regional entre el Biobío y la Araucanía.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del ciprés de la cordillera se encuentra contenida en dos ecorregiones, los Bosques Templados Valdivianos, y mayoritariamente en el Matorral Chileno, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medios; desde los 35°20'S al oriente de la localidad de Pelarco (Prov. Talca, VII Región), hasta los 40°35'S en la ciudad de Osorno (Prov. Osorno, X Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del ciprés de la cordillera, se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, el extremo norte de los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 33°30'S, en la comuna de Puente Alto (Prov. Cordillera, RM), hasta los 46°40'S, en las proximidades del lago General Carrera. Se destacan los valores medio-altos (< 2200 y < 1900 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan desde los 34°35'S al sureste de la ciudad de San Fernando (Prov. Colchagua, VI Región) en Chile, y los 36°30'S al noroeste de Manzano Amargo (Depto. Minas, Neuquén) en Argentina, los cuales se mantienen hasta los 39°30'S, en el límite regional entre la Araucanía y los Ríos en territorio chileno, y al Lago Tromen (Depto. Huilliches, Neuquén), en territorio argentino. Desde esta latitud, estos valores empiezan a escasear en los Andes occidentales, “atravesando” su distribución potencial hacia los Andes orientales, los cuales se mantienen en territorio argentino hasta los 43°10'S al suroeste de Trevelin (Depto. Futaleufú, Chubut). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica, representada en dos zonas disjuntas que presentan valores medio-altos de probabilidad de presencia: la primera, en el departamento de Ñorquín (Prov. Neuquén), y la segunda, en los departamentos de Huilliches y Lácar (Prov. Neuquén), entre los meridianos 71°O y 71°15'O.

4.2.3.3 Distribución potencial de *Buddleja globosa* Hope, en Chile y Argentina

Buddleja globosa, posee distintos nombres comunes: matico, matico chileno, pañil o palguín. Es un árbol o arbusto siempreverde, de 1.5 a 3 m de altura, con tallos sub-leñosos amarillentos (MINSAL, 2010). Es una planta nativa de Chile, Perú y Argentina, y en territorio chileno, habita desde la provincia de Santiago (RM), hasta la Patagonia (X Región), generalmente en sitios húmedos (MINSAL, 2010). La distribución conocida del

matico en Argentina, se limita a las provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro y Chubut (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del matico en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos (Ver Figura N°19), se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, presentando valores infrecuentes por el norte hasta la provincia de Choapa (IV Región), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.36. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta la provincia de Santa Cruz en territorio argentino, y una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la VIII a la XI Región y, áreas de la Depresión Intermedia y cordillera de la Costa de las regiones VIII y IX, es decir, incorpora una gran extensión latitudinal (que supera con creces a la distribución conocida de la especie en ambos países), lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino que es de 0.16, un valor muy bajo con respecto al considerado para el territorio chileno, y a la vez, muy lejano de la media de probabilidad de presencia.

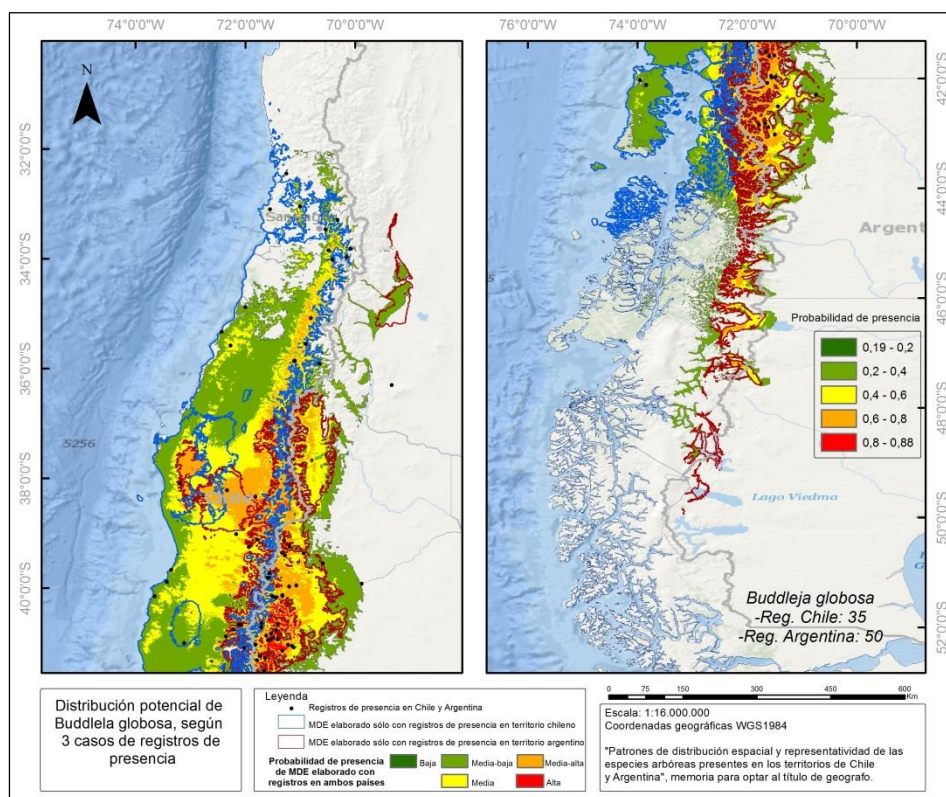


Figura N° 19: Distribución potencial de *Buddleja globosa*, según 3 casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del matico y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°20), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

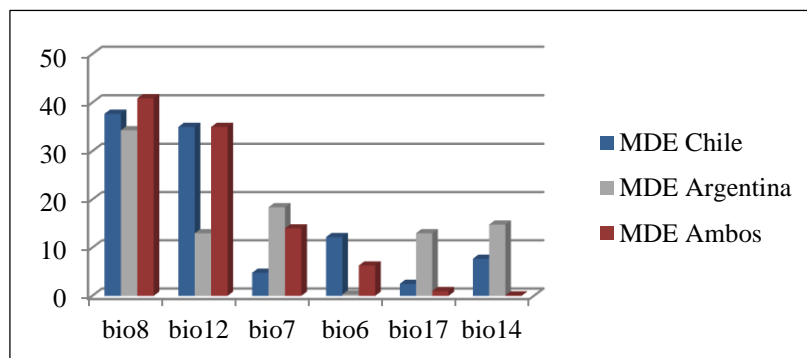


Figura N° 20: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Buddleja globosa* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), primera en contribución al modelo en ambos países, se mantiene como la variable más influyente para la distribución del matico en el modelo final, con un 40.9%; siguiéndoles en importancia las segundas dos variables más contribuyentes para cada modelo, bio12 (en Chile) y bio7 (en Argentina), con un 35% y un 14% respectivamente. Si bien la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio argentino (-5 a 5°C), que en territorio chileno (-3°C a 5°C); sería en Chile donde la precipitación anual (bio12), presentaría mayores rangos (1700 a 5434 mm), que en Argentina (300 a 1900 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial del matico en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Figura N°19), con un umbral mínimo de 0.2, refleja que la distribución potencial del matico coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando valores infrecuentes en los extremos norte, hasta la provincia de Choapa (IV Región), y sur, hasta la XI Región en Chile, y la provincia de Santa Cruz, en Argentina, lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 32°S, en el límite regional de Coquimbo y Valparaíso, hasta los 49°S, en el límite regional entre Aysén y Magallanes. De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del matico se encuentra contenida en dos ecorregiones, el Matorral Chileno, y

mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 33°S en el Parque Nacional La Campana (Prov. Quillota, V Región), hasta los 42°35'S en la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio altos, que se presentan en dos zonas: a) en torno a los 34°S en Alhué (Prov. Melipilla, RM) (1000 a 1600 msnm); y b) entre los 36°45'S, al norte del límite provincial entre Biobío, Ñuble y Concepción (VIII Región), y los 38°35'S, al norte de la localidad de Carahue (Prov. Cautín, IX Región), zona correspondiente a la cordillera de Nahuelbuta (600 a 1200 msnm). Los valores altos (700 a 1100 msnm), se presentan dentro del Parque Nacional Nahuelbuta, en torno a los 37°50'S.

ii. Depresión Intermedia y Cordones Transversales: en esta zona, la distribución potencial del matico se encuentra contenida en dos ecorregiones, los Bosques Templados Valdivianos, y mayoritariamente en el Matorral Chileno, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 32°S en los cordones transversales que se encuentran en el límite regional entre Coquimbo y Valparaíso, hasta los 43°25'S, en el extremo sur de la isla de Chiloé (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan entre los 38°S, en la localidad de Collipulli (Prov. Malleco, IX Región), y los 39°40'S, en la localidad de Panguipulli (Prov. Valdivia, XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del matico se encuentra contenida en las cuatro ecorregiones correspondientes al área de estudio, mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 32°S, al norte del límite regional entre Coquimbo y Valparaíso, hasta los 49°S, en el límite regional entre Aysén y Magallanes. Se destacan los valores medio-altos (< 2200 msnm), que se presentan en dos zonas: a) desde los 33°30'S en San José de Maipo (Prov. Cordillera, RM) en Chile, y los 36°30'S al noroeste de Manzano Amargo (Depto. Minas, Neuquén) en Argentina, los cuales se mantienen de manera más o menos continua, hasta los 44°20'S en las proximidades del lago Verde (Prov. Coyhaique, XI Región), en territorio chileno, y los 43°35'S, en el sur de la localidad de Corcovado (Depto. Futaleufú, Chubut), en territorio argentino; y b) discontinuamente, entre los 45°10'S, al norte de la ciudad de Coyhaique (Prov. Coyhaique, XI Región) y los 47°15'S, en las proximidades del lago Cochrane (Prov. Capitán Prat, XI Región). Los valores altos (< 1300 msnm), se presentan tanto en territorio chileno, entre los 38°15'S, al sur del Parque Nacional Tolhuaca (Prov. Malleco, IX Región), y los 39°15'S, en el Parque Nacional Huerquehue (Prov. Cautín, IX Región); como en territorio argentino, desde los 40°10'S en las proximidades del lago Lácar (Depto. Lácar, Neuquén), a los 41°45'S, al oriente del lago Escondido (Depto. Bariloche, Río Negro). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee áreas de distribución potencial en la Estepa Patagónica, mediante valores medio-altos, las correspondientes a: a) los extremos orientales de los departamentos de Minas y Ñorquén (Neuquén), entre los 70°45'O y 71°O; y b) los extremos orientales de los departamentos de Huiliches, Lácar y Los Lagos (Neuquén), entre los 70°45'O y los 71°15'O.

4.2.3.4 Distribución potencial de *Dasyphyllum diacanthoides* (Less.) Cabrera, en Chile y Argentina

Dasyphyllum diacanthoides, posee distintos nombres comunes: palo santo, trevo, tayú, tagu, tevo, tau-tau, palo blanco o *tayu*. Es un árbol siempreverde, de follaje denso y ramas espinosas, que alcanza una altura de hasta 20 metros. Su tronco mide más de 1 metro de diámetro, y su corteza es blanda, delgada, de color café a cenicienta, y con hendiduras longitudinales profundas (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el palo santo crece entre las provincias de Curicó (VII Región) y Chiloé (X Región), en ambas cordilleras, desde casi el nivel del mar hasta los 1500 msnm. También se ubica en el sur de Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del palo santo en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque incorporando levemente la provincia de Cardenal Caro (VI región), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.3. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la VIII a la XI Región y, áreas de la Depresión Intermedia y cordillera de la Costa de las regiones VIII y IX, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino que es de 0.3, al igual que en territorio chileno, un valor bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia, y además esto se podría explicar debido a la menor cantidad de registros de presencia en territorio argentino (29), que está en el límite de los mínimos registros necesarios para generar modelos de distribución de especies estadísticamente válidos.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del palo santo y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°21), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

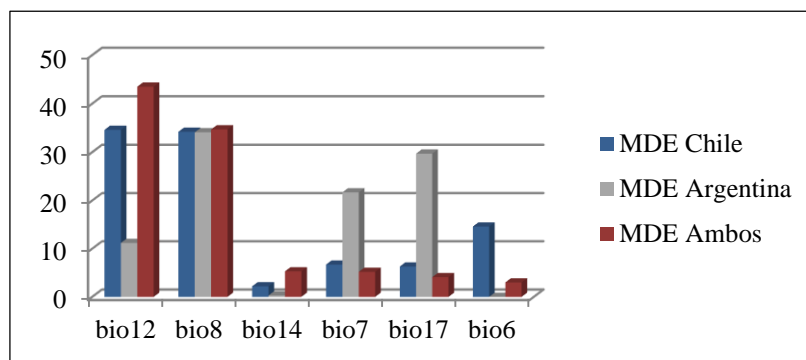


Figura N° 21: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Dasyphyllum diacanthoides* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que la precipitación anual (bio12), primera en contribución al modelo en territorio chileno, pasa a ser la principal contribuyente del modelo final, con un 43.5%. La temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), primera en contribución al modelo en territorio argentino (y segunda en Chile), se queda en el segundo lugar de contribución, con un 34.7%. La precipitación anual (bio12) alcanzaría mayores rangos en territorio chileno (1900 a 5434 mm), que en territorio argentino (400 a 3100 mm); al igual que en la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), ya que Chile presentaría mayores rangos térmicos (-10°C a 7°C), que en Argentina (-6°C a 6°C).

2. Descripción general de la distribución potencial del palo santo en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°5), con un umbral mínimo de 0.34, refleja que la distribución potencial del palo santo coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 35°S, al oriente de la ciudad de Curicó (Prov. Curicó, VII Región), a los 43°40'S, al norte de la Reserva Nacional Lago Palena (Prov. Palena, X Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del palo santo se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 35°15'S, en torno a la localidad de Constitución (Prov. Talca, VII Región), hasta los 42°15'S, en la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos que se presentan en dos zonas: a) entre los 36°55'S, en la ciudad de Concepción (Prov. Concepción, VIII Región), y los 38°35'S, al norte de la localidad de Carahue (Prov. Cautín, IX Región), zona correspondiente a la

cordillera de Nahuelbuta; y b) entre los 39°10'S, en la localidad de Toltén (Prov. Cautín, IX Región), y los 40°15'S, en el límite regional entre los Ríos y los Lagos.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del palo santo se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 37°50'S, en la ciudad de Angol (Prov. Malleco, IX Región), hasta los 42°40'S, en la localidad de Chonchi (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio altos que se presentan entre los 39°S, en la localidad de Pitrufquén (Prov. Cautín, IX Región) y los 40°04'S, en la localidad de Paillaco (Prov. Valdivia, XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del palo santo se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 35°S, al oriente de la ciudad de Curicó, hasta los 43°40'S, al norte de la Reserva Nacional Lago Palena. Se destacan los valores medio-altos (< 1600 y < 1200 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan desde los 36°15'S, en Alto Chandía (Prov. Linares, VII Región), próximo al límite regional entre el Maule y Biobío, en Chile, y los 39°35'S, en las proximidades del lago Paimún (Depto. Huilliches, Neuquén), en Argentina, los cuales se mantienen hasta los 40°45'S, en ambos países, en el límite regional entre los Ríos y los Lagos, en territorio chileno, y en el noroeste del lago Nahuel Huapi (Prov. Los Lagos, Neuquén), en territorio argentino. Los valores altos (< 1400 msnm), se encuentran contenidos en la zona anteriormente nombrada, ya que se presentan en una franja pequeña en territorio chileno entre los 37°30'S y los 38°S, en torno a la localidad de Alto Biobío (Prov. Biobío, VIII Región). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica, la cual se da en torno al paralelo 40°S, en el departamento Huilliches (Prov. Neuquén), entre los 71°O y los 71°15'O, pero sólo alcanzando valores medios y medio-bajos, mayoritariamente.

4.2.3.5 Distribución potencial de *Drimys winteri* J.R.Forst. & G.Forst., en Chile y Argentina

Drimys winteri, posee distintos nombres comunes: canelo, boique, voigue, fuñe, *foye*, *choól*, *school*, *kalchenika*, *aikush*, *ukushta* o *ushkuta*. Es un árbol siempreverde, de copa piramidal (a menudo compacta), que llega a medir hasta 30 metros de altura. Su tronco puede llegar a medir 1 metro de diámetro, y su corteza es gruesa, lisa, blanda y de color grisáceo. Sus hojas son de las más grandes en la flora arbórea chilena, miden entre 5 a 15 cm, con una notoria diferencia de coloración entre la cara superior, que es verde clara, y la cara inferior que es verde grisácea o blanquecina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el canelo se encuentra desde la Provincia del Limarí (IV Región) hasta el Cabo de

Hornos (XII Región). Se asocia a ambientes húmedos, cerca de cursos de agua o en laderas sombrías. También está presente en el sur de Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del canelo en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos (Ver Figura N°22), se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, y el presentar valores infrecuentes por el sur, ya que sólo alcanza hasta la provincia de Capitán Prat (XI Región); y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.27. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la VIII a la XII Región y, áreas de la Depresión Intermedia y cordillera de la Costa desde la VIII a la X Región, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino que es de 0.17, un valor muy bajo con respecto al considerado para el territorio chileno, y a la vez, muy lejano de la media de probabilidad de presencia.

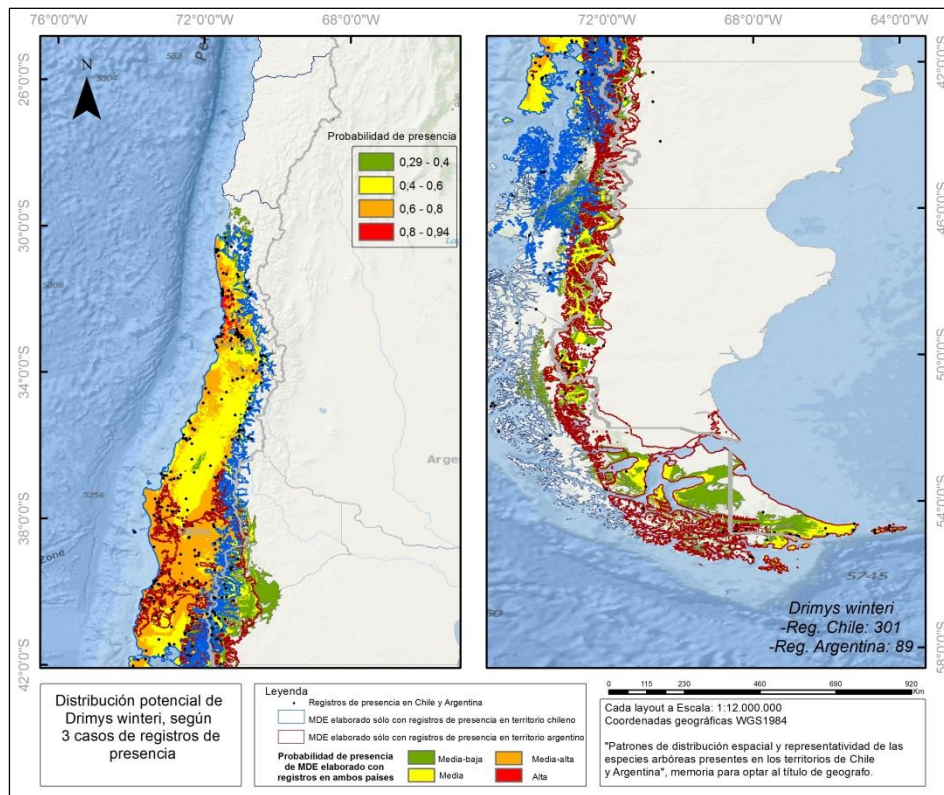


Figura N° 22: Distribución potencial de *Drimys winteri*, según 3 casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del canelo y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°23), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

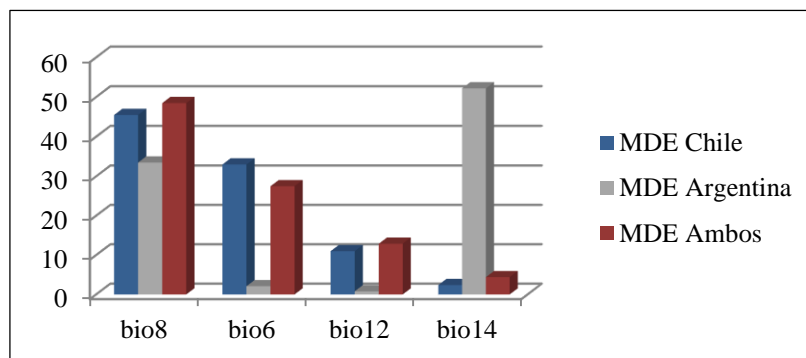


Figura N° 23: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Drimys winteri* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que el orden de las variables bioclimáticas en la contribución al modelo final, mantiene los mismos primeros tres lugares que en el modelo en territorio chileno, es decir, la temperatura media del trimestre más húmedo, con casi un 50% de contribución al modelo (48.5%); la mínima temperatura del mes más frío (27.5%), y la precipitación anual (12.9%). Si bien la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio argentino (-10°C a 28°C), que en territorio chileno (-10°C a 7°C); sería en Chile, donde la temperatura del mes más frío (bio6), toleraría un mayor rango térmico (3°C a 20.9°C), que en Argentina (-4°C a 4°C). Finalmente, en esta especie llama la atención la variable de precipitación del mes más seco (bio14), primera variable en importancia para el modelo en territorio argentino, que queda emplazada en el cuarto lugar del modelo final, sólo con un 4.4% en su contribución.

2. Descripción general de la distribución potencial del canelo en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Figura N°22), con un umbral mínimo de 0.3, refleja que la distribución potencial del canelo coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando valores infrecuentes por el norte, incorporando la provincia de Elqui (IV Región), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 29°30'S, en la localidad de La Higuera (Prov. Elqui, IV Región), a los 56°S, en Cabo de Hornos (Prov. Antártica Chilena, XII Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del canelo se encuentra contenida en dos ecorregiones, el Matorral Chileno y

mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 29°30'S en la localidad de La Higuera, hasta los 44°30'S en los archipiélagos de la cordillera de la Costa al sur de la isla de Chiloé (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan sin mayores interrupciones en una larga extensión latitudinal, entre los 30°15'S en la localidad de Puerto Aldea (Prov. Elqui, IV Región) y los 42°10'S en la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región). Los valores altos se encuentran contenidos en la zona anteriormente nombrada, de una manera más o menos continua, entre los 32°50'S, en el cerro Guamane, en Los Vilos (Prov. Choapa, IV Región) y los 33°10'S, en la localidad costera de Quintay (Prov. Valparaíso, V Región); aunque también se deben destacar los presentados, en torno a los 30°40's, en el Parque Nacional Bosque Fray Jorge (Prov. Limarí, IV Región).

ii. Depresión Intermedia y Cordones Transversales: en esta zona, la distribución potencial del canelo se encuentra contenida en dos ecorregiones, los Bosques Templados Valdivianos, y mayoritariamente en el Matorral Chileno, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 29°45'S, en los cordones transversales emplazados en el oriente de la ciudad de La Serena (Prov. Elqui, IV Región), hasta los 43°30'S, en el límite sur de la isla de Chiloé (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan, los valores medio-altos y altos, que predominan entre los 31°05'S, al norte del límite provincial entre Limarí y Choapa (IV Región) y los 32°50'S al norte del Parque Nacional La Campana (Prov. Quillota, V Región); y los valores medio-altos, continuamente presentados, entre los 37°S, al norte de la localidad de Yungay (Prov. Ñuble, VIII Región), y los 41°45'S, al sur de la localidad de Maullín (Prov. Llanquihue, X Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del canelo se encuentra contenida en las cuatro ecorregiones correspondientes al área de estudio, mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 31°50'S, en la cuenca alta del río Choapa (Prov. Choapa, IV Región), hasta los 56°, en la cordillera andina magallánica de islas, en el Cabo de Hornos. Se destacan los valores medio-altos (< 2200 y < 1300 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan en diversas zonas: a) entre los 33°45'S, en el Parque Nacional Río Clarillo (Prov. Cordillera, RM), y los 34°45'S, al oriente de la ciudad de San Fernando (Prov. Colchagua, VI Región); b) entre los 35°20'S, al occidente de la Reserva Nacional Radal Siete Tazas (Prov. Talca, VII Región), en Chile, y los 38°55'S, en las proximidades del lago Aluminé (Neuquén), en Argentina, los que se mantienen hasta los 40°50'S, en ambos países, al norte del Parque Nacional Vicente Pérez Rosales (Prov. Llanquihue, X Región) en territorio chileno, y en el extremo occidente del lago Nahuel Huapi (Depto. Los Lagos, Neuquén), en territorio argentino; y c) en una pequeña franja en el Estrecho de Magallanes, al sur de la ciudad de Punta Arenas (Prov. Magallanes, XII Región). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee áreas de distribución potencial en la Estepa Patagónica, las cuales se ven representadas en el límite departamental entre Huilliches, Lácar, Collón

Curá y Catán Lil (Prov. Neuquén), y en el extremo norte del depto. Pilcaniyeu (Prov. Río Negro), ambas zonas entre los 70°O y los 71°30'O, pero sólo presentando valores medios y medio-bajos, mayoritariamente.

4.2.3.6 Distribución potencial de *Embothrium coccineum* J.R.Forst. & G.Forst., en Chile y Argentina

Embothrium coccineum, posee distintos nombres comunes: notro, ciruelillo, fosforito, treumún, *notru treumun*, *maku*, *mögu* o *mugu*. Es un árbol siempreverde, aunque ante condiciones ambientales desfavorables tiene la capacidad de botar las hojas; que alcanza una altura de hasta 15 metros. Su tronco llega a medir unos 50 cm de diámetro, y su corteza es lisa, delgada, y de color gris con manchas claras y oscuras. Sus flores son muy atractivas, alargadas, generalmente de color rojo vivo, aunque existen ejemplares muy escasos con flores amarillas o blancas (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). El notro crece desde la provincia de Curicó (VII Región) hasta la isla Hoste (Prov. Antártica Chilena, XII Región) y en Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del notro en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina (sur de este país), sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, y el presentar valores infrecuentes por el norte, ya que no tomaría en cuenta la provincia de Curicó, pero si la de Talca (VII Región); y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.3. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la VIII a la XII Región y, áreas de la Depresión Intermedia y cordillera de la Costa de las regiones VIII y IX, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino que es de 0.21, un valor bajo con respecto al considerado para el territorio chileno, y a la vez, muy lejano de la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del notro y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°24), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

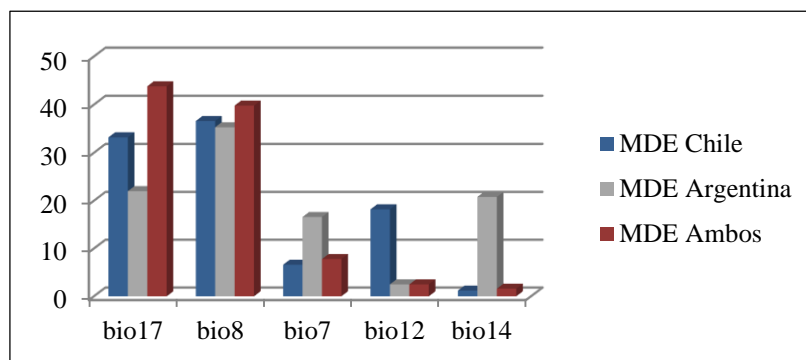


Figura N° 24: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Embothrium coccineum* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que para el modelo final se establece un “enroque” entre las primeras dos variables bioclimáticas que más contribuían a los modelos en cada país, puesto que la precipitación del trimestre más seco (bio17), segunda en ambos modelos, pasa a contribuir porcentualmente en mayor medida al modelo final (43.8%), seguida de la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), quién había estado primera en ambos modelos, con un 39.8%. Si bien la precipitación del trimestre más seco (bio17), alcanzaría mayores rangos en territorio argentino (10 a 310 mm), que en territorio chileno (40 a 210 mm), sería en Chile donde la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos (-10°C a 8°C), que en Argentina (-3°C a 12°C).

2. Descripción general de la distribución potencial del notro en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°6), con un umbral mínimo de 0.33, refleja que la distribución potencial del notro coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 35°20’S, en el límite provincial entre Curicó y Talca (VII Región), a los 56°S en el Cabo de Hornos (Prov. Antártica Chilena, XII Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del notro se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 36°35’S, en la localidad de Tomé (Prov. Concepción, VIII Región), hasta los 46°20’S, en la Reserva Nacional Las Guaitecas (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan sin mayores interrupciones, entre los 36°55’S, en la ciudad de Concepción (Prov. Concepción, VIII Región) y los 40°20’S, cercano al límite regional entre los Ríos y los Lagos; además es posible encontrar estos

valores en la cordillera de Piuchén, en torno al paralelo 42°S (Prov. Chiloé, X Región). Los valores altos, se presentan en un pequeño sector en la cordillera de Nahuelbuta, coincidente con el Parque Nacional Nahuelbuta, en torno a los 37°50'S, en el límite regional entre el Biobío y la Araucanía.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del notro se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 37°40'S, en torno a la ciudad de Los Ángeles (Prov. Biobío, VIII Región), hasta los 46°30'S, en el límite austral de la Depresión Intermedia, en la península de Taitao (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan entre los 37°55'S, en la localidad de Collipulli (Prov. Malleco, IX Región), y los 41°S, en el límite provincial entre Osorno y Llanquihue (X Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del notro se encuentra contenida en tres ecorregiones, la Estepa Patagónica, los Bosques Subpolares Magallánicos, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 35°15'S, en la cuenca alta del río Mataquito (Prov. Curicó, VII Región), hasta los 56°, en la cordillera andina magallánica de islas, en el Cabo de Hornos. Se destacan los valores medio-altos (< 1900 y 1500 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan desde los 36°40'S en el límite provincial entre Talca y Linares (VII Región), en Chile, y los 38°45'S, en las proximidades del lago Aluminé (Depto. Aluminé, Neuquén), en Argentina, los cuales se mantienen hasta los 42°45'S en la localidad de Chaitén (Prov. Palena, X Región) en territorio chileno, y hasta los 43°10'S, en el Parque Nacional Los Alerces (Depto. Futaleufú, Chubut), en territorio argentino. Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee áreas de distribución potencial en la Estepa Patagónica, las cuales se ven representadas en torno al paralelo 40°S en los departamentos de Huilliches, Lácar y Los Lagos (Prov. Neuquén), mediante valores medios y medio-altos de probabilidad de presencia, entre los 70°45'O y los 71°15'O.

4.2.3.7 Distribución potencial de *Fitzroya cupressoides* (Molina) I.M.Johnst, en Chile y Argentina

Fitzroya cupressoides, posee distintos nombres comunes: alerce, lahuén, lahuán o lahual. Es un árbol siempreverde, de copa alargada y estrecha, de hábito piramidal, que puede llegar a medir hasta 50 metros de altura. Su tronco puede alcanzar un diámetro superior a los 4 metros, y su corteza tiene una coloración rojiza, medianamente gruesa, de consistencia fibrosa y con surcos longitudinales (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). Los bosques de alerce se distribuyen a lo largo de la cordillera de la Costa desde la Provincia de Valdivia (XIV Región) hasta Chiloé (X Región), y en la cordillera de los Andes entre las provincias

de Llanquihue y Palena (X Región). También se encuentra presente en Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (ZULOAGA *et al.*, 2008). El alerce puede vivir más de 3000 años, siendo el segundo árbol más longevo del mundo (HECHENLEITNER *et al.*, 2005).

1. Principales diferencias en el modelamiento del alerce en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque presentando valores infrecuentes por el norte y por el sur, ya que incorpora por un lado, las zonas costeras y andinas de la IX Región, y en el límite austral considera algunas áreas aisladas en la provincia de Coyhaique (XI Región); y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.34. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida en ese país, toma en cuenta una amplia cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la provincia de Biobío (VIII Región) hasta la de General Carrera (XI Región), lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino que es de 0.38, que si bien es un valor mayor al establecido para el territorio chileno, sigue siendo un valor bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del alerce y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°25), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

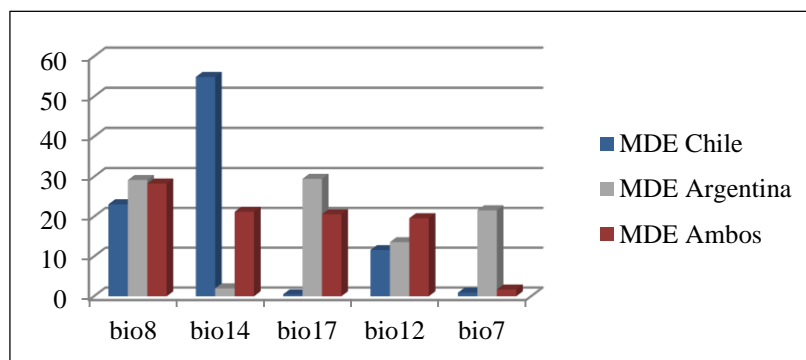


Figura N° 25: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Fitzroya cupressoides* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), representada en los segundos lugares en cada modelo por separado, ascendería al primer lugar con un 28.3%, siguiéndole en importancia las variables: precipitación del mes

más seco (bio14), primera en el modelo para Chile, con un 21.2%, y la precipitación del trimestre más seco (bio17), primera en el modelo para Argentina, con un 20.6%. Si bien la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio chileno (-10°C a 7°C), que en territorio argentino (-5°C a 5°C), sería en Argentina donde la precipitación del mes más seco (bio14), alcanzaría mayores rangos de precipitación (30 a 267 mm), que en Chile (50 a 100 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial del alerce en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°7), con un umbral mínimo de 0.32, refleja que la distribución potencial del alerce coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando algunos valores infrecuentes en los extremos norte, que alcanzan la provincia de Biobío (VIII Región), y sur, puesto que abarcarían hasta la provincia de Capitán Prat (XI Región), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 37°20'S, en el Parque Nacional Laguna del Laja (Prov. Biobío, VIII Región), a los 48°25'S, en las proximidades del Parque Nacional Bernardo O'Higgins (Prov. Capitán Prat, XI Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del alerce se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 39°10'S, en la localidad de Toltén (Prov. Cautín, IX Región), hasta los 42°35'S, al sur del Parque Nacional Chiloé (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan entre los 39°50'S, en la ciudad de Valdivia (Prov. Valdivia, XIV Región) y los 42°30'S, en la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región).

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del alerce se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 38°50'S, en torno a la ciudad de Temuco (Prov. Cautín, IX Región), hasta los 43°20'S, en el extremo sureste de la isla de Chiloé (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan desde los 40°55'S, en la localidad de Purranque (Prov. Osorno, X Región), hasta los 42°35'S, en la localidad de Chonchi (Prov. Chiloé, X Región).

iii. Cordillera de los Andes: en esta zona, la distribución potencial del alerce se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, el extremo norte de los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-

bajos a altos; desde los 37°20'S, en el Parque Nacional Laguna del Laja, hasta los 48°25'S, en las proximidades del Parque Nacional Bernardo O'Higgins. Se destacan los valores medio-altos (< 1300 msnm), que predominan desde los 40°S, en ambas vertientes de los Andes, desde la Reserva Nacional Mocho Choshuenco (Prov. Valdivia, XIV Región) en Chile, y desde la Reserva Nacional Lanín (Depto. Huilliches, Neuquén) en Argentina; los cuales se mantienen hasta los 43°45'S, al norte de la Reserva Nacional Lago Palena (Prov. Palena, X Región) en territorio chileno, y hasta el límite departamental entre Futaleufú y Languiño (Prov. Chubut) en territorio argentino. Los valores altos (< 800 msnm), se presentan en una pequeña franja, en territorio argentino, en torno a los 41°30'S, en las proximidades de los lagos Martín y Steffen (Depto. Bariloche, Río Negro).

4.2.3.8 Distribución potencial de *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde, en Chile y Argentina

Laureliopsis philippiana, posee distintos nombres comunes: tepa, huahuán, vauván, laurela o *wawan*. Es un árbol siempreverde, de hasta 40 metros de altura y tronco de unos 2 metros de diámetro. Su corteza es delgada, gris clara y lisa o con protuberancias, y sus hojas son duras, muy aromáticas y con un margen marcadamente aserrado. En aspecto general es muy similar al laurel (*Laurelia sempervirens*) (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). La tepa crece en territorio chileno desde la costa de la provincia de Talca (VII Región), pero es más frecuente entre las provincias de Arauco (VIII Región) y Aysén (XI Región). Habita en ambas cordilleras, en lugares húmedos y suelos profundos, desde el nivel del mar hasta más de 1000 msnm. También está presente en el sur de Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento de la tepa en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén y Río Negro, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.23. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, incorpora por el norte las provincias de San Juan y Mendoza, y por el sur la provincia de Santa Cruz, y también, toma en cuenta una gran extensión latitudinal en territorio chileno: cordillera andina desde la IV a la XII Región y, Depresión Intermedia y cordillera de la Costa desde la VIII a la X Región; superando con creces la distribución conocida de la especie en ambos países. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.05, un valor extremadamente bajo con respecto al establecido para el territorio chileno y a la media de probabilidad de presencia; y además

debido a la menor cantidad de registros de presencia en territorio argentino (24), que está en el límite de los mínimos registros necesarios para generar modelos de distribución de especies estadísticamente válidos.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento de la tepa y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°26), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

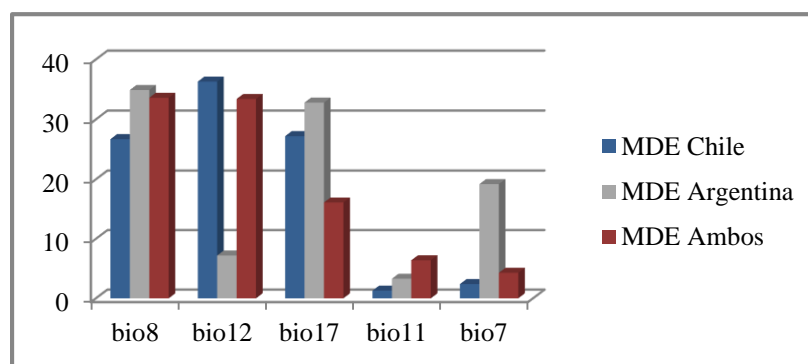


Figura N° 26: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Laureliopsis philippiana* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), representada en el primer lugar en el modelo para territorio argentino, asciende al primer lugar con un 33.6%, siguiéndole en importancia la primera variable que más contribuye al modelo en territorio chileno, la precipitación anual (bio12), con un 33.4%. La temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio chileno (-10°C a 11°C), que en territorio argentino (-6°C a 6°C), al igual que en la precipitación anual (bio12), ya que Chile presentaría mayores rangos de precipitación (1800 a 5434 mm), que en Argentina (10 a 3010 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial de la tepa en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°8), con un umbral mínimo de 0.22, refleja que la distribución potencial de la tepa coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando valores infrecuentes por el sur, ya que alcanzarían la provincia de Capitán Prat (XI Región), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 35°35'S, al sur de la Reserva Nacional Altos de Lircay (Prov. Talca, VII Región), a los 49°S, en el límite regional entre Aysén y Magallanes. De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial de la tepa se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 36°15'S en la localidad de Quirihue (Prov. Ñuble, VIII Región), hasta los 46°30'S en los archipiélagos de la cordillera de la Costa (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que predominan en dos zonas: a) en torno al paralelo 37°50'S, en el Parque Nacional Nahuelbuta y sus alrededores, y b) desde los 39°10'S en la localidad de Toltén (Prov. Cautín, IX Región) hasta los 43°S, al sur de la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región). Los valores altos, contenidos en la zona anteriormente nombrada, se encuentran entre los 39°20'S en el límite regional entre la Araucanía y los Ríos, y los 39°50'S, al sur de la ciudad de Valdivia; zona que coincide con el primer sitio *Ramsar* de Chile, el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (Prov. Valdivia, XIV Región).

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial de la tepa se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 37°45'S, en la localidad de Mulchén (Prov. Biobío, VIII Región), hasta los 46°30'S, en los archipiélagos de la cordillera de la Costa (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que predominan desde los 39°S, en la localidad de Pitrufoquén (Prov. Cautín, IX Región), hasta los 43°S, en la localidad de Quellón (Prov. Chiloé, X Región); y los valores altos, contenidos en la zona anteriormente nombrada, que se encuentran entre los 39°15'S, al norte del lago Villarrica (Prov. Cautín, IX Región) y los 40°S, en el límite provincial entre Valdivia y Ranco (XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial de la tepa, se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, el extremo norte de los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 35°35'S, al sur de la Reserva Nacional Altos de Lircay, a los 49°S, en el límite regional entre Aysén y Magallanes. Se destacan los valores medio-altos (< 1400 y < 1200 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan desde los 37°20'S, al oeste del Parque Nacional Laguna del Laja (Prov. Biobío, VIII Región), en Chile, y los 39°40'S en las proximidades del lago Paimún (Depto. Huilliches, Neuquén), en Argentina, los cuales se mantienen continuamente hasta los 41°30'S en ambos países, en la localidad de Cochamó (Prov. Llanquihue, X Región) en territorio chileno, y en las proximidades de los lagos Martín y Steffen (Depto. Bariloche, Río Negro), en territorio argentino. Los valores altos (< 1100 msnm), contenidos en la zona anteriormente nombrada, predominan en territorio chileno, desde los 39°S en la localidad de Cunco (Prov. Cautín, IX Región), hasta los 39°50'S, cercano a la Reserva Nacional Mocho Choshuenco (Prov. Valdivia, XIV Región). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa

Patagónica, representada en torno a los 40°S, en los departamentos de Huilliches y Lácar (Prov. Neuquén), entre los 71°O y los 71°15''O, pero sólo alcanzando valores medio-bajos.

4.2.3.9 Distribución potencial de *Lomatia ferruginea* (Cav.) R.Br., en Chile y Argentina

Lomatia ferruginea, posee distintos nombres comunes: fuinque, huinque, buinque, huinqui, palmilla, helecho de árbol, piuné, pinue, plume, moré, romerillo o *wengkü*. Es un árbol siempreverde que alcanza una altura de hasta 10 metros. El tronco del fuinque llega a tener un diámetro de 30 cm, y su corteza es delgada, parda y rugosa. Sus hojas tienen la apariencia de un helecho, y las flores son amarillo-verdosas por fuera y rojizas en su interior (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el fuinque crece entre las provincias de Talca (VII Región) y Última Esperanza (XII Región), habitando en ambas cordilleras, siempre en lugares húmedos y sombríos, desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm. También está presente en Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del fuinque en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque presentando valores infrecuentes por el sur, ya que sólo alcanzaría hasta la provincia de Capitán Prat (XI Región), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.33. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la VIII a la XI Región y, Depresión Intermedia y cordillera de la Costa de la IX región, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.39, que si bien es un valor mayor al establecido para el territorio chileno, sigue siendo un valor bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia, y además, esto se podría explicar debido a la menor cantidad de registros de presencia en territorio argentino (30), que está en el límite de los mínimos registros necesarios para generar modelos de distribución de especies estadísticamente válidos.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del fuinque y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°27), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

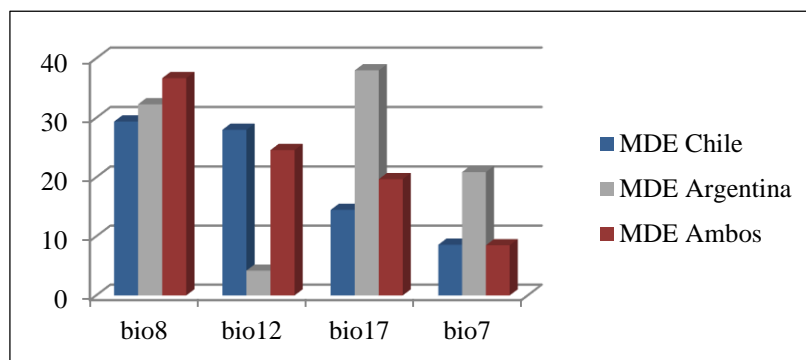


Figura N° 27: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Lomatia ferruginea* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8) y la precipitación anual (bio12), representadas en los dos primeros lugares en el modelo para territorio chileno, son las variables bioclimáticas que más contribuyen al modelo final, con un 36.7% y 24.6%, respectivamente. Esta relación podría deberse a la importancia que le daría el modelo final a la gran cantidad de registros de presencias en territorio chileno (3 veces más que los registros de presencia en Argentina). La temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio chileno (-10°C a 9°C), que en territorio argentino (-7°C a 7°C), al igual que en la precipitación anual (bio12), ya que Chile presentaría mayores rangos de precipitación (1500 a 5434 mm), que en Argentina (0 a 2300 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial del foinque en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°8), con un umbral mínimo de 0.28, refleja que la distribución potencial del foinque coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque no considerando la provincia de Santa Cruz en territorio argentino, lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 35°20'S, en la localidad de Constitución (Prov. Talca, VII región), a los 49°S, en el límite regional entre Aysén y Magallanes. De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del foinque se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 35°20'S, en la localidad de Constitución, hasta los 46°30'S, en los archipiélagos de la cordillera de la Costa en la Península de Taitao (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan sin mayores interrupciones,

entre los 36°55'S, en la ciudad de Concepción (Prov. Concepción, VIII Región) y los 41°45'S, en la localidad de Pargua (Prov. Llanquihue, X Región); y los valores altos, alcanzados en algunas zonas próximas al límite regional entre la Araucanía y Los Ríos, cercanas a la localidad de Lanco (Prov. Valdivia, XIV Región), en los 39°20'S.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del fuinque se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 38°10'S, al norte de la localidad de Victoria (Prov. Malleco, IX Región), hasta los 47°S, en el límite sur de esta macroforma junto a los archipiélagos de la Península de Taitao (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos que se presentan desde el límite norte, hasta los 42°45'S, en el sur de Chonchi (Prov. Chiloé, X Región), a excepción de los valores medios presentados en la provincia de Osorno.

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del fuinque se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, el extremo norte de los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 37°20'S, en la localidad de Antuco (Prov. Biobío, VIII Región), hasta los 49°S, en el límite regional entre Aysén y Magallanes. Se destacan los valores medio-altos (< 1500 y < 1000 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan desde los 38°10'S, en el Parque Nacional Tolhuaca (Prov. Malleco, IX Región), en Chile, y los 38°20'S en el oeste del Lago Aluminé (Depto. Aluminé, Neuquén), en Argentina, los cuales se mantienen hasta los 44°S, en el límite regional entre Los Lagos y Aysén, en territorio chileno, y hasta los 42°20'S al suroeste del lago Puelo (Depto. Cushamen, Chubut), en territorio argentino. Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica, la cual se da en torno al paralelo 40°S, en las provincias de Huiliches y Lácar (Prov. Neuquén), entre los 71°O y los 71°15'O, pero sólo alcanzando valores medio-bajos y medios de probabilidad de presencia.

4.2.3.10 Distribución potencial de *Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels, en Chile y Argentina

Lomatia hirsuta, posee distintos nombres comunes: radal, raral, radán, rabral, rarán, ral-ral, nogal silvestre o nogal. Es un árbol siempreverde que alcanza una altura de hasta 15 metros. El tronco del radal llega a tener un diámetro de 90 cm, y su corteza es delgada, de color gris a pardo oscura, ligeramente rugosa y con fisuras longitudinales poco profundas. Sus hojas son duras y de las más grandes entre los árboles chilenos, llegando a medir más de 15 cm de largo (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el radal crece entre las provincias de Choapa (IV Región) y Chiloé (X Región), habitando en los faldeos de ambas cordilleras, desde los 150 hasta los 1200 msnm. Tiene gran versatilidad ambiental,

encontrándose tanto en terrenos sin lluvia durante varios meses, como en medio de bosques que reciben lluvia durante prácticamente todo el año. También está presente en Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del radial en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de la provincia de Neuquén, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.36. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la IX a la XI Región y, Depresión Intermedia y cordillera de la Costa de la IX región, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.33, un valor menor al establecido para el territorio chileno, y bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del radial y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°28), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

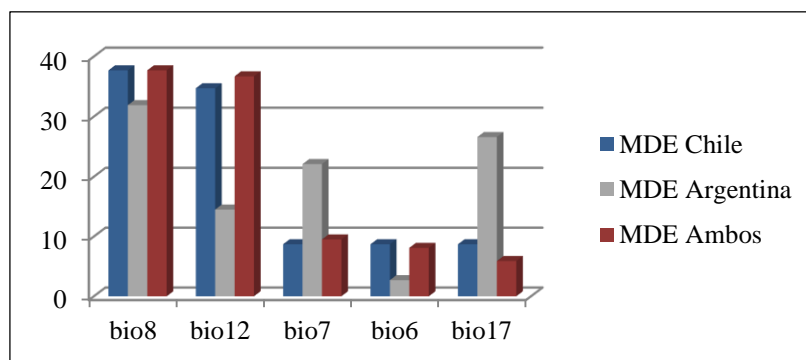


Figura N° 28: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Lomatia hirsuta* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8) y la precipitación anual (bio12), representadas en los dos primeros lugares en el modelo para territorio chileno, son las variables bioclimáticas que más contribuyen al modelo final, con un 37.7% y 36.7%, respectivamente. Esta relación podría deberse a la importancia que le daría el modelo final a la gran cantidad de registros de presencias en

territorio chileno (casi 5 veces más que los registros de presencia en Argentina). La temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio chileno (-10°C a 7°C), que en territorio argentino (-10°C a 5°C), al igual que en la precipitación anual (bio12), ya que Chile presentaría mayores rangos de precipitación (1500 a 5434 mm), que en Argentina (700 a 1900 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial del radal en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°4), con un umbral mínimo de 0.35, refleja que la distribución potencial del radal coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque no toma en cuenta el límite sur de la distribución conocida en territorio chileno en la isla de Chiloé (y si valores infrecuentes en la región de Aysén), ya que los límites latitudinales del modelo, van desde los 31°10'S, en el límite provincial entre Limarí y Choapa (IV región), hasta los 46°30'S, en las proximidades del lago General Carrera (Prov. General Carrera, XI región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del radal se encuentra contenida en dos ecorregiones, el Matorral Chileno y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 32°30'S, en la localidad de Zapallar (Prov. Petorca, V Región), hasta los 41°30'S, en la localidad de Quenuir (Prov. Llanquihue, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan en diversas zonas: a) entre los 32°30'S y los 33°S, correspondientes a las localidades costeras de Zapallar y oriente de Viña del Mar, respectivamente; b) en el Parque Nacional La Campana (32°55'S), cercano al límite regional entre la RM y Valparaíso, el cual es el área protegida más septentrional de la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos; y c) entre los 36°20'S, en la localidad de Constitución (Prov. Talca, VII Región), y los 39°35'S, cercano al comienzo del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (Prov. Valdivia, XIV Región).

ii. Depresión Intermedia y Cordones Transversales: en esta zona, la distribución potencial del radal se encuentra contenida en dos ecorregiones, los Bosques Templados Valdivianos y mayoritariamente en el Matorral Chileno, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 31°10'S, en el límite provincial entre Limarí y Choapa (IV región), hasta los 41°25'S, en la localidad de Los Muermos (Prov. Llanquihue, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan: a) en torno a los 32°40'S, al oriente de Puchuncaví, cercano al límite provincial entre Petorca, Valparaíso y Quillota; b) en la provincia de Malleco (IX Región); y c) en la provincia de Valdivia (XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del radal se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, el extremo norte de los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 34°S, al sur del límite regional entre la Región Metropolitana y O'Higgins, hasta los 46°30'S, en las proximidades del lago General Carrera. Se destacan los valores medio-altos (< 2000 y < 1800 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan desde los 34°30'S, al oriente de la ciudad de San Fernando (Prov. Colchagua, VI Región), en Chile, y los 36°30'S, en el noroeste de la localidad de Manzano Amargo (Depto. Minas, Neuquén), en Argentina, los cuales se presentan continuamente hasta los 39°30'S, en el límite regional entre la Araucanía y los Ríos, en territorio chileno, y hasta los 41°42'S, al oriente del lago Escondido (Depto. Bariloche, Río Negro), en territorio argentino. Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie presenta pequeñas áreas de distribución potencial en la ecorregión de la Estepa Patagónica, en donde se presenta en dos poblaciones disjuntas: a) en los departamentos de Minas, Ñorquín y Loncopué (Prov. Neuquén); y b) en los departamentos de Huilliches, Lácar y Los Lagos (Prov. Neuquén, ambas zonas entre los 70°45'O y los 71°15'O, aproximadamente).

4.2.3.11 Distribución potencial de *Luma apiculata* (DC.) Burret, en Chile y Argentina

Luma apiculata, posee distintos nombres comunes: arrayán, arrayán rojo, palo colorado, temu, rama, quitri, *kollimamiüll* o *kütri*. Es un árbol siempreverde, de hasta 25 metros de altura. Su tronco es generalmente torcido y llega a medir unos 60 cm de diámetro, y su corteza es lisa, de color rojizo y se desprende periódicamente, dejando sectores blanquecinos (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En territorio chileno, la especie crece desde la costa de la provincia de Valparaíso (V Región) hasta las provincias de Aysén y General Carrera (XI Región) hacia el sur. Normalmente crece a orillas de lagos, ríos y otros cursos de agua, desde la costa hasta los 1000 msnm. También se encuentra en Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del arrayán en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.36. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno:

cordillera andina desde la VIII a la XI Región y, Depresión Intermedia de la IX región, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.35, un valor levemente menor al establecido para el territorio chileno, y bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia; y además, debido a la menor cantidad de registros de presencia en territorio argentino (35), que está en el límite de los mínimos registros necesarios para generar modelos de distribución de especies estadísticamente válidos.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del arrayán y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°29), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

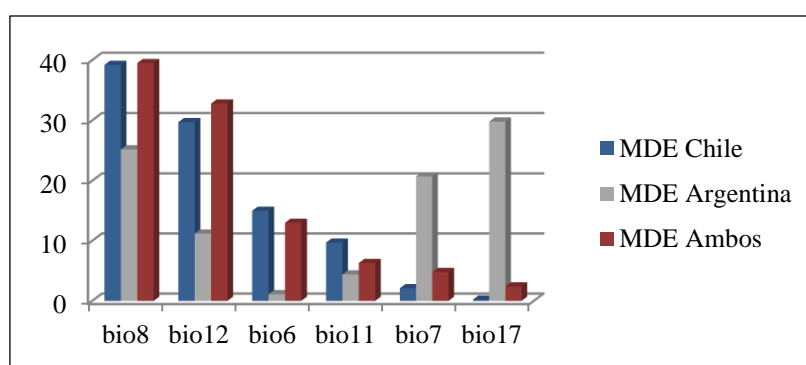


Figura N° 29: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Luma apiculata* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, las cuatro primeras variables más contribuyentes coinciden con las del modelo en territorio chileno, omitiendo variables bioclimáticas que si fueron importantes para el territorio argentino (como la precipitación del trimestre más seco o bio17). Esta relación podría deberse a la importancia que le daría el modelo final a la gran cantidad de registros de presencias en territorio chileno (12 veces más que los registros de presencia en Argentina). La temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio chileno (-10°C a 7.5°C), que en territorio argentino (-6°C a 5°C), al igual que en la precipitación anual (bio12), ya que Chile presentaría mayores rangos de precipitación (1600 a 5434 mm), que en Argentina (400 a 2050 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial del arrayán en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°9), con un umbral mínimo de 0.35, refleja que la distribución potencial del arrayán coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 32°45'S, en la localidad de Quintero (Prov. Valparaíso, V Región), a los 46°S, al sur del límite provincial entre Coyhaique y General Carrera (XI Región). De una manera

general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del arrayán se encuentra contenida en dos ecorregiones, el Matorral Chileno y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 32°55'S, en el sur de la localidad de Quintero (Prov. Valparaíso, V Región), hasta los 42°30'S, en torno a la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, XI Región). Se destacan los valores medio-altos (< 400 msnm), que además de presentarse aisladamente en torno a las localidades de Valparaíso (V Región), en los 33°05'S; el sur de la localidad de Navidad (Prov. Cardenal Caro, VI Región) en los 34°S; y en torno a la Reserva Nacional Laguna Torca (Prov. Curicó, VII Región) en los 34°45'S; predominan entre los 35°15'S en la localidad de Constitución (Prov. Talca, VII Región) y los 40°30'S, en la localidad costera de Pucatrihue (Prov. Osorno, X Región).

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del arrayán se encuentra contenida en dos ecorregiones, los Bosques Templados Valdivianos, y mayoritariamente en el Matorral Chileno, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 34°35'S, en la ciudad de San Fernando (Prov. Colchagua, VI Región), hasta los 43°30'S, en el extremo sur de la isla de Chiloé (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan desde los 39°05'S, al sureste de la localidad de Pitrufoquén (Prov. Cautín, IX Región), hasta los 40°15'S, en las proximidades del lago Ranco (XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del arrayán se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 34°S, en la precordillera andina de la ciudad de Rancagua (Prov. Cachapoal, VI Región), hasta los 46°S, al sur del límite provincial entre Coyhaique y General Carrera (XI Región). Se destacan los valores medio-altos, sólo en territorio chileno (< 1400 msnm), que predominan desde los 35°35'S, al oeste de la Reserva Nacional Altos de Lircay (Prov. Talca, VII Región), hasta los 39°05'S, en el Parque Nacional Huerquehue (Prov. Cautín, IX Región); y los valores altos (< 1100 msnm), contenidos en la zona anteriormente nombrada, entre las Reservas Nacionales Ralco y Altos de Pemehue, cercano al paralelo 38°S (Prov. Biobío, VII Región). En Argentina, sólo se presentan valores medios, desde los 37°15'S, en el límite departamental entre Minas y Ñorquén (Prov. Neuquén), hasta los 42°15'S, en el Parque Provincial y Reserva Forestal Río Turbio (Depto. Cushamen, Chubut). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica, en torno a los 40°S, la cual se da en el departamento de Huiliches (Prov. Neuquén), entre los 71°O y los 71°15'O.

4.2.3.12 Distribución potencial de *Maytenus magellanica* (Lam.) Hook.f., en Chile y Argentina

Maytenus magellanica, posee distintos nombres comunes: leña dura, palo duro, maitén de Magallanes, *aiaku*, *aiakus*, *iaku-liush*, *háaiko*, *haikó* o *tailó*. Es un árbol siempreverde, de hasta 5 metros de altura. Su tronco alcanza un diámetro de unos 30 cm, y su corteza es cenicienta y lisa. Sus hojas son de contextura dura y de bordes aserrados (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el maitén de Magallanes se encuentra desde la Provincia de Arauco (VIII Región) hasta el archipiélago de Cabo de Hornos, en la Provincia Antártica Chilena (XII Región). Habita en ambas cordilleras desde el nivel del mar hasta los 1300 msnm, en sectores húmedos y con bajas temperaturas. También crece en el sur de Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del maitén de Magallanes en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina (sur de este país), sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque extendiéndose por el norte hasta la provincia de Curicó (VII Región), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.19. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la VIII a la XII Región y, Depresión Intermedia y cordillera de la Costa de las regiones IX y XIV, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.28, que si bien es un valor mayor al establecido para el territorio chileno, sigue siendo un valor bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del maitén de Magallanes y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°30), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

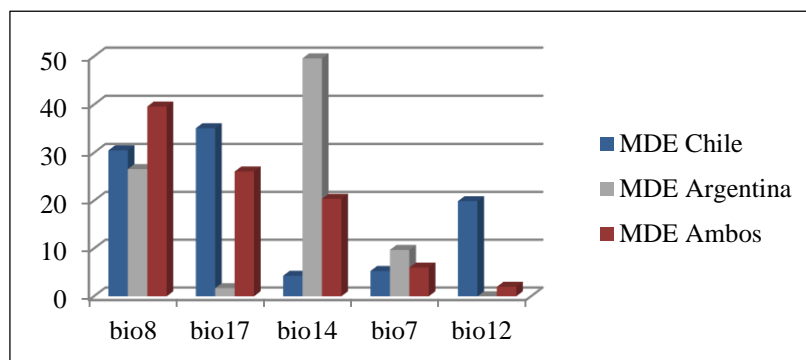


Figura N° 30: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Maytenus magellanica* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), segunda variable en importancia en los modelos en cada país por separado, asciende al primer lugar de contribución al modelo final, con un 39.6%; siguiéndoles en importancia las primeras variables de cada modelo, bio17 (1ª en Chile) y bio14 (1ª en Argentina), con un 26.1% y 20.4% de contribución, respectivamente. Si bien la especie tanto en territorio chileno como argentino, toleraría un equivalente rango térmico en el trimestre más húmedo (-10°C a 28°C); la precipitación del trimestre más seco (bio17), presentaría mayores rangos de precipitación en Argentina (0 a 853 mm), que en Chile (0 a 270 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial del maitén de Magallanes en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°6), con un umbral mínimo de 0.32, refleja que la distribución potencial del maitén de Magallanes coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando valores infrecuentes por el norte, ya que alcanza hasta la provincia de Linares (VII Región), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 35°45'S, en la precordillera de la ciudad de Linares (VII Región), a los 56°, en el Cabo de Hornos (Prov. Antártica Chilena, XII Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del maitén de Magallanes se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 36°55'S, en la ciudad de Concepción (Prov. Concepción, VIII Región), hasta los 46°45'S, en los archipiélagos de la cordillera de la Costa en la Península de Taitao (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan entre los 39°30'S, en la localidad de San José de la Mariquina (Prov.

Valdivia, XIV Región), y los 41°20'S, al occidente de la localidad de Los Muermos (Prov. Llanquihue, X Región); y los valores altos, que predominan en dos zonas: a) entre los 37°15'S y los 38°35'S, en la cordillera de Nahuelbuta, en el límite regional entre Biobío y la Araucanía; y b) en torno al paralelo 39°15'S, en el límite regional entre la Araucanía y los Ríos.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del maitén de Magallanes se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 38°, en torno a la localidad de Collipulli (Prov. Malleco, IX Región), hasta los 47°S, en el límite austral de la Depresión Intermedia en la península de Taitao (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos y altos, que predominan desde los 39°20'S en la localidad de Lonchoche (Prov. Cautín, IX Región) y los 40°10'S, en el límite provincial entre Valdivia y Ranco (XIV Región), además de presentarse en una pequeña franja en torno a las 46°, frente al Santuario de la Naturaleza Estero de Quitrusco (Prov. Aysén, XI Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del maitén de Magallanes se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, en los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 35°45'S, en la precordillera de la ciudad de Linares, a los 56°, en el Cabo de Hornos. Se destacan los valores medio-altos (< 2100 y < 1800 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que se presentan en diversas zonas andinas: a) desde los 36°45'S, en la Reserva Nacional Huemules del Niblinto (Prov. Ñuble, VIII Región), en Chile, y los 38°50'S, en las proximidades del lago Aluminé (Depto. Aluminé, Neuquén), en Argentina, los que predominan hasta los 43°30'S, en el Parque Nacional Corcovado, en territorio chileno, y hasta los 43°S, en la Reserva Nacional Los Alerces, en territorio argentino (Depto. Futaleufú, Chubut); b) desde los 45°30'S, en la ciudad de Coyhaique (Prov. Coyhaique, XI Región), hasta los 48°45'S, en el lago binacional O'Higgins/San Martín (Prov. Capitán Prat, XI Región - Depto. Lago Argentino, Santa Cruz), donde estos valores "atravesan" al territorio argentino en el lago mencionado, predominando hasta los 50°45'S, en el límite austral del Parque Nacional los Glaciares (ecorregión Estepa Patagónica), en donde los valores "atravesan" nuevamente al territorio chileno en la Reserva de la Biósfera Torres del Paine, (Prov. Última Esperanza, XII Región), hasta los 51°30'S; y c) desde el estrecho de Magallanes, en el límite provincial entre Magallanes y Tierra del Fuego (XII Región), hasta Ushuaia (Depto. Ushuaia, Tierra del Fuego), en Argentina, y hasta los 56°S, en el Cabo de Hornos (Prov. Antártica, XII Región), en Chile. Además se deben destacar los valores altos (< 1600 msnm), contenidos en la zona anteriormente nombrada, que dominan entre los 38°S, en el límite regional entre Biobío y la Araucanía, y los 40°15'S en el límite departamental entre Huilliches y Lácar (Prov. Neuquén). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee áreas de distribución potencial en la Estepa Patagónica, además de la ya mencionada, la

cual se da en torno al paralelo 40°S, en los departamentos de Huilliches, Lácar y Los Lagos (Prov. Neuquén), mediante valores medios y medio-altos; entre los 70°45'O y los 71°15'O.

4.2.3.13 Distribución potencial de *Myrceugenia exsucca* (DC.) O.Berg, en Chile y Argentina

Myrceugenia exsucca, posee distintos nombres comunes: petra, pitra, peta, picha, temu o patagua. Es un árbol siempreverde, de hasta 15 metros de altura. Su tronco es muy característico, presentando columnas longitudinales gruesas, que le dan la apariencia de estar formado por varias ramas unidades entre sí, alcanzando un diámetro de unos 60 cm, y su corteza es rugosa y de color pardo ceniciento (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, la petra crece desde la provincia de Choapa (IV Región) hasta Chiloé y Palena (X Región) por el sur. Habita cerca de esteros o lagos, en quebradas húmedas y en lugares pantanosos, llegando incluso a crecer dentro de los cursos de agua. En general, se ubica en zonas bajas desde el nivel del mar hasta la precordillera andina. También está presente en Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento de la petra en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.37. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar pequeñas áreas de la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una pequeña cantidad de zonas en territorio chileno: áreas disjuntas de la cordillera andina desde la XIV a la XI Región, lo que podría conducir a una sub-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse debido a la menor cantidad de registros de presencia en territorio argentino (20), que está debajo del límite de los mínimos registros necesarios para generar modelos de distribución de especies estadísticamente válidos. A pesar del menor número de registros, el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino es de 0.59, un valor mayor al establecido para el territorio chileno, y con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento de la petra y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°31), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

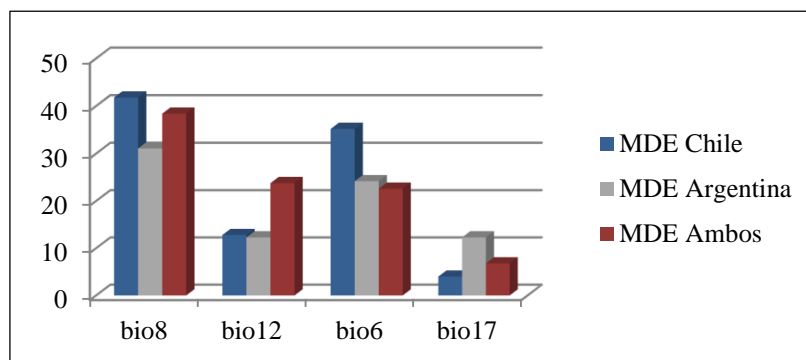


Figura N° 31: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Myrceugenia exsucca* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que el orden de contribución de las variables bioclimáticas (primeros cuatro lugares), que es igual en cada uno de los modelos por separado, se cambia levemente en el modelo final, puesto que la precipitación anual (bio12), que se encontraba en los terceros lugares, pasa a ocupar el segundo lugar, con un 23.8%; y viceversa, con la mínima temperatura del mes más frío (bio6), en el tercer lugar de contribución en el modelo final, con un 22.6%. La temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio chileno (-10°C a 9°C), que en territorio argentino (-6°C a 6°C), al igual que en la precipitación anual (bio12), ya que Chile presentaría mayores rangos de precipitación (1200 a 5434 mm), que en Argentina (0 a 2100 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial de la *petra* en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°9), con un umbral mínimo de 0.35, refleja que la distribución potencial de la *petra* coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque no toma en cuenta el límite sur de la distribución conocida en territorio chileno en la isla de Chiloé (y si valores infrecuentes en la región de Aysén y Coyhaique), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 31°25'S, al norte de la localidad de Los Vilos (Prov. Choapa, IV Región), hasta los 44°20'S, próximo al Parque Nacional Queulat (Prov. Coyhaique, XI Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial de la *petra* se encuentra contenida en dos ecorregiones, el Matorral Chileno y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 31°25'S, en el norte de la localidad de Los Vilos (Prov. Choapa, IV Región), hasta los 41°30'S, en la localidad de Quenuir (Prov. Llanquihue, X Región). Se destacan los valores medio-altos (< 1000

msnm); que se presentan en dos grandes zonas: a) entre los 32°S, en la playa Cascabeles, al sur de la localidad de Los Vilos (Prov. Choapa, IV Región), y los 35°50'S, en la localidad costera de Pelluhue (Prov. Cauquenes, VII Región); y b) más al sur, entre los 36°15'S, al sur de la localidad costera de Cobquecura (Prov. Ñuble, VIII Región), y los 39°55'S, en la localidad costera de Corral (Prov. Valdivia, XIV Región). Los valores altos (< 600 msnm), contenidos en la zona anteriormente nombrada, se presentan aisladamente en torno a diversas localidades: a) en los 32°20'S, al norte de la playa de Los Molles en el límite regional entre Coquimbo y Valparaíso; b) en torno a los 32°30'S, entre las localidades de Papudo y Maitencillo, cercano al límite provincial entre Petorca y Valparaíso (V Región); c) en los 33°05'S, en la ciudad de Valparaíso; y finalmente, d) en los 38°S, próximos al lago Lanalhue, al norte de la localidad de Contulmo (Prov. Arauco, VIII Región).

ii. Depresión Intermedia y Cordones Transversales: en esta zona, la distribución potencial de la petra se encuentra contenida en dos ecorregiones, el Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 31°45'S, al noreste de la localidad de Los Vilos (Prov. Choapa, IV Región), en los cordones transversales de aquella región, hasta los 43°S, al sur de la localidad de Queilén (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan en dos zonas: a) de una manera discontinua, desde los 32°S al oriente de la playa Cascabeles, al norte de Los Vilos (Prov. Choapa, IV Región), hasta los 33°50'S, en la localidad de San Pedro (Prov. Melipilla, RM); y b) desde los 37°40'S, en Mulchén (Prov. Biobío, VIII Región), hasta los 40°30'S, al sureste de la localidad de Río Bueno (Prov. Ranco, XIV Región). Se destacan además, los valores altos, aislados, presentes en las localidades de: a) Quilpué y Villa Alemana, en los 33°10'S (Prov. Valparaíso, V Región), y b) Lanco, en el sector Salto del Agua, en los 39°30'S (Prov. Valdivia, XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes: en esta zona, la distribución potencial de la petra se encuentra contenida completamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 33°55'S, en la precordillera andina en el límite regional entre la Región Metropolitana y O'Higgins, hasta los 44°20'S, próximo al Parque Nacional Queulat (Prov. Coyhaique, XI Región). Se destacan los valores medio-altos (< 1700 y < 700 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan en diversas zonas, en territorio chileno: a) desde los 36°30'S en la localidad de San Fabián (Prov. Ñuble, VIII Región) hasta los 40°S en la Reserva Nacional Mocho Choshuenco (Prov. Valdivia, XIV Región); b) entre los 41°30'S, al oriente de la localidad de Cochamó (Prov. Llanquihue, X Región) y los 42°30'S, al norte del cordón Chaitén (Prov. Palena, X Región); y c) en los 43°35'S, en la localidad de Palena (Prov. Palena, X Región). Además en territorio argentino, estos valores se presentan aisladamente en: a) las proximidades de los lagos Martín y Steffen, y en el valle del río Manso (Depto. Bariloche, Río Negro), en torno a los 41°30'S; y b) en el valle del río Turbio (Depto. Cushamen, Chubut), en torno a los 42°15'S. Se destacan los valores altos (< 1500 msnm), que se presentan en una pequeña franja entre los 36°50'S y los 38°10'S en

territorio chileno, entre el Parque Nacional Laguna de Laja y el norte de la Reserva Nacional Nalcas (Prov. Biobío, VIII Región).

4.2.3.14 Distribución potencial de *Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst., en Chile y Argentina

Nothofagus alpina, posee distintos nombres comunes: raulí, roblí, ruilí o *ruili*. Es un árbol de follaje decíduo, frondoso, de ramas nuevas erectas y rojizas, que llega a crecer hasta 40 metros de altura. Su tronco es cilíndrico y erecto, de unos 2 metros de diámetro, y su corteza es lisa, gris oscura y agrietada longitudinalmente en forma regular. El raulí tiene las hojas más estilizadas y largas de los *Nothofagus* chilenos, las cuales llegan a medir hasta 12 cm (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el raulí crece entre las provincias de Curicó (VII Región) y Llanquihue (X Región), desde los 100 hasta más de 1000 msnm. Habita en ambas cordilleras, sobre todo en la de los Andes, de preferencia en laderas sombrías o quebradas. También está presente en la zona andina de Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en la provincia de Neuquén (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del raulí en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de la provincia de Neuquén, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque alcanzando por el sur, sólo hasta la provincia de Osorno (X Región), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.33. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, incorpora las provincias de Río Negro y Chubut en territorio argentino, y toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la IX a la X Región y, Depresión Intermedia y cordillera de la Costa de la IX Región, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.34, que si bien es un valor levemente mayor al establecido para el territorio chileno, sigue siendo un valor bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del raulí y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°32), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

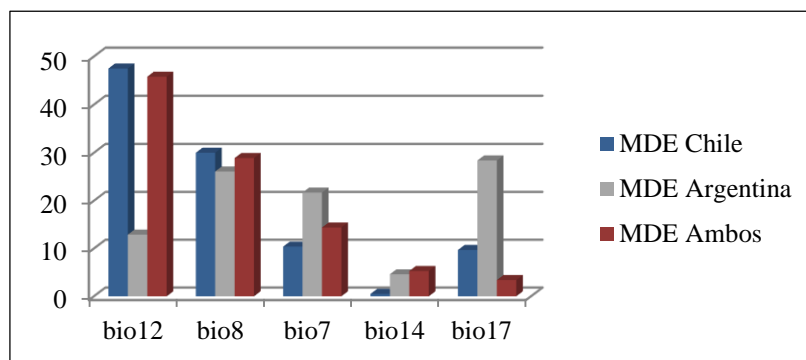


Figura N° 32: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Nothofagus alpina* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que las tres primeras variables más contribuyentes al modelo final, bio12, bio8 y bio7, son equivalentes a las tres primeras variables en el modelo en territorio chileno, con un 45.8%, 28.9% y 14.4%, respectivamente. La precipitación del trimestre más seco (bio17), primera en contribución para el modelo en territorio argentino, ocupa recién el quinto lugar de importancia para el modelo final. Esta relación podría deberse a la importancia que le daría el modelo final a la gran cantidad de registros de presencias en territorio chileno (4 veces más que los registros de presencia en Argentina). Si bien la especie tanto en territorio chileno como argentino, toleraría un equivalente rango térmico en el trimestre más húmedo (-8°C a 8°C); la precipitación anual (bio12), presentaría mayores rangos de precipitación en Chile (1600 a 5434 mm), que en Argentina (900 a 2500 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial del raulí en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°5), con un umbral mínimo de 0.36, refleja que la distribución potencial del raulí coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando valores infrecuentes por el sur, alcanzando hasta la provincia de Coyhaique (XI Región), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 34°50'S, en el límite regional entre O'Higgins y el Maule, en la precordillera andina, a los 45°45'S, en el norte de la Reserva Nacional Cerro Castillo (Prov. Coyhaique, XI Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del raulí se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 35°15'S, entre las localidades de Constitución y Penco (Prov.

Talca, VII Región), hasta los 40°30'S, al norte de la localidad de San Juan de la Costa (Prov. Osorno, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan entre los 37°15'S y los 38°35'S, correspondientes a la cordillera de Nahuelbuta, en las regiones de Biobío y la Araucanía; y los que se presentan en una zona aislada en el cerro Nilcahuin, cercano a la localidad de Loncoche (Prov. Cautín, IX Región), en los 39°25'S.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del raulí se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 36°40'S, en la localidad de Coihueco (Prov. Ñuble, VIII Región), hasta los 40°20'S, cercano al límite regional entre los Ríos y los Lagos, en la localidad de río Bueno (Prov. Ranco, XIV Región). Se destacan los valores medio-altos que se presentan aisladamente: a) en los 36°S, entre Collipulli y Victoria (Prov. Malleco, IX Región); y b) en torno a los 39°30'S, cercano al límite regional entre la Araucanía y los Ríos, próxima a la localidad de Lanco (Prov. Valdivia, XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del raulí se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 34°50'S, en el límite regional entre O'Higgins y el Maule, en la precordillera andina, a los 45°45'S, en el norte de la Reserva Nacional Cerro Castillo. Se destacan los valores medio-altos (< 1900 y < 1300 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan desde los 35°25'S, al occidente del Parque Nacional Radal Siete Tazas, cercano al límite provincial entre Curicó y Talca (VII Región), en Chile, y los 38°50'S en las proximidades del lago Aluminé (Depto. Aluminé, Neuquén), en Argentina, los cuales se mantienen hasta los 40°S en el límite provincial entre Valdivia y Ranco (XIV Región), en territorio chileno, y hasta los 40°20'S en las proximidades del lago Hermoso (Depto. Lácar, Neuquén), en territorio argentino. Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica, la cual se da en torno a los 40°S, en el departamento de Huilliches (Prov. Neuquén), entre los 71°O y los 71°15'O, alcanzando valores medios.

4.2.3.15 Distribución potencial de *Nothofagus antarctica* (G.Forst.) Oerst., en Chile y Argentina

Nothofagus antarctica, posee distintos nombres comunes: ñirre, ñire, ñirri, ñiré, *ngire*, *charn*, *kucharn*, *showínchi*, *wín*, *wínshi*, *c'tern*, *kökauiya*, *kötölli-ran* o *kötöran*. Es un árbol de follaje decíduo, de hasta 20 metros de altura. Su tronco es cilíndrico, nudoso o tortuoso, de unos 60 cm de diámetro y su corteza es rugosa, gris y agrietada irregularmente (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el ñirre crece desde la provincia de Curicó (VII Región) hasta la de Antártica Chilena (XII Región), desde los 500 hasta los 2000

msnm. Habita en ambas cordilleras, sobre todo en la de los Andes, donde en algunas zonas marca el límite arbóreo. También está presente en la zona andina y límite oriental de la estepa patagónica en Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del ñirre en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina (sur de este país), sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque presentando valores infrecuentes por el norte, incorporando hasta la provincia de Cordillera (RM), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.27. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, incorpora la provincia de Mendoza, y toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la VIII a la XII Región, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.33, que si bien es un valor mayor al establecido para el territorio chileno, sigue siendo un valor bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del ñirre y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°33), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

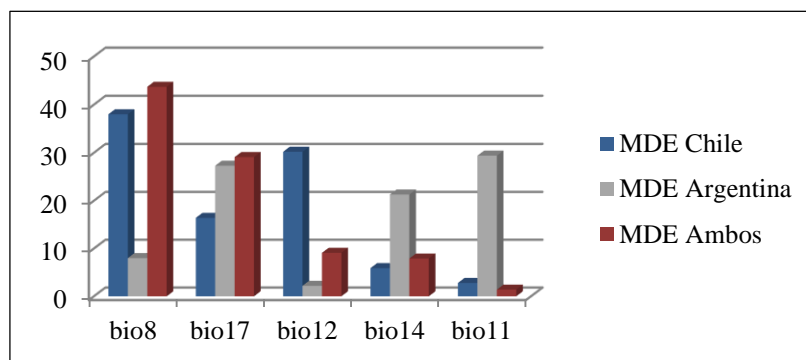


Figura N° 33: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Nothofagus antarctica* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que las variables bioclimáticas en el modelo final mantienen el mismo orden de importancia que las variables en el modelo para el territorio chileno, sólo cambiando de orden las variables bio17 y bio12, las cuales quedarían en el segundo y tercer lugar

respectivamente. Llama la atención el hecho de que la primera variable en importancia en el modelo para el territorio argentino, bio11, no aparezca en los primeros cuatro lugares en la contribución del modelo final, lo que podría deberse a la importancia que se le da a los registros de presencia en territorio chileno, en desmedro de los establecidos para el territorio argentino. La temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio argentino (-10°C a 19°C), que en territorio chileno (-10°C a 9°C), al igual que en la precipitación del trimestre más seco (bio17), ya que Argentina presentaría mayores rangos de precipitación (60 a 853 mm), que en Chile (10 a 250 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial del ñirre en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°10), con un umbral mínimo de 0.32, refleja que la distribución potencial del ñirre coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando valores infrecuentes por el norte, alcanzando hasta la provincia de Cachapoal (VI Región), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 34°20'S, en la Reserva Nacional Río Los Cipreses (Prov. Cachapoal, VI Región), hasta los 56°S, en el Cabo de Hornos (Prov. Antártica Chilena, XII Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del ñirre se encuentra contenida completamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 39°15'S, entre las localidades de Constitución y Penco (Prov. Talca, VII Región), hasta los 43°10'S, en la costa suroeste de la isla de Chiloé (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan entre los 36°50'S, en la ciudad de Concepción (Prov. Concepción, VIII Región) y los 40°40'S, en la localidad de San Juan de la Costa (Prov. Osorno, X Región); y los valores altos, contenidos en la zona anteriormente nombrada, que dominan en una pequeña franja en el Parque Nacional Nahuelbuta y sus alrededores, en el límite regional entre Biobío y la Araucanía.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del ñirre se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 37°30'S, en la localidad de Nacimiento (Prov. Biobío, VIII Región), hasta los 43°S, al sur de la localidad de Queilén (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que predominan entre los 38°35'S, en la localidad de Cholchol (Prov. Cautín, IX Región) y los 40°40'S al sur de la ciudad de Osorno (Prov. Osorno, X Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del ñirre se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, en los Bosques Templados Valdivianos, y mayoritariamente en los Bosques Subpolares Magallánicos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 34°20'S, en la Reserva Nacional Río Los Cipreses, hasta los 56°S, en el Cabo de Hornos. Se destacan los valores medio-altos (< 2200 y < 2000 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que se presentan en diversas zonas andinas: a) desde los 34°40'S, al norte del Santuario de la Naturaleza Alto Huemul (Prov. Colchagua, VI Región), en Chile, y los 36°45'S al occidente de la localidad de Manzano Amargo (Depto. Minas, Neuquén), en Argentina, los que predominan hasta los 43°15'S, en la Reserva Nacional Futaleufú, en territorio chileno, y hasta los 43°30'S, en la localidad de El Corcovado, en el límite departamental entre Futaleufú y Languiñeo (Prov. Chubut), en territorio argentino; b) desde los 45°10'S, al norte de la Reserva Nacional Río Simpson (Prov. Aysén, XI Región), hasta los 48°45'S, en el lago binacional O'Higgins/San Martín (Prov. Capitán Prat, XI Región - Depto. Lago Argentino, Santa Cruz), donde estos valores "atravesan" al territorio argentino en el lago mencionado, predominando hasta los 50°45'S, en el límite austral del Parque Nacional los Glaciares (ecorregión Estepa Patagónica), en donde los valores "atravesan" nuevamente al territorio chileno en la Reserva de la Biósfera Torres del Paine, (Prov. Última Esperanza, XII Región), hasta los 51°30'S; y c) en el límite austral del continente americano, en el departamento de Ushuaia (Prov. Tierra del Fuego), abarcando longitudinalmente hasta la isla de Los Estados, en territorio argentino, y hasta los 56°, en el Cabo de Hornos, en territorio chileno. Además, se deben destacar los valores altos (< 1600 msnm), contenidos en la zona anteriormente nombrada, que dominan en territorio chileno: a) entre los 35°20'S y los 35°45'S, en la precordillera andina de la provincia de Talca (VII Región); y b) entre los 36°50'S y los 37°15'S, al oriente de la localidad de El Carmen (Prov. Ñuble) y la localidad de Antuco (Prov. Biobío), ambos en la VIII Región. Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee áreas de distribución potencial en la Estepa Patagónica, además de la ya mencionada, las cuales se dan: a) en los departamentos de Minas, Ñorquín y Loncopué (Prov. Neuquén); b) en torno a los 40°S, en los límites orientales de las provincias Huilliches, Lácar y Los Lagos (Prov. Neuquén), mediante valores medios y medio-altos.

4.2.3.16 Distribución potencial de *Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst., en Chile y Argentina

Nothofagus betuloides, posee distintos nombres comunes: coigüe de Magallanes, coihue de Magallanes, guindo, *ieñu*, *kienñún*, *kieñú*, *kiñiú*, *öshpötöx*, *serzci*, *shoshchi-sin*, *shuschi* o *sushpaya*. Es un árbol siempreverde, frondoso, de copa angosta o redondeada, y ramificación de forma estratificada, que puede alcanzar hasta los 25 metros de altura. Su tronco es recto, de unos 2.5 metros de diámetro, y su corteza es delgada, gris oscura, con

grietas longitudinales y poco profundas (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el coigüe de Magallanes crece desde la provincia de Valdivia (XIV Región), hasta el archipiélago de Cabo de Hornos, en la provincia Antártica Chilena (XII Región). También está presente en el sur de Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Santa Cruz y Tierra del Fuego (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del coigüe de Magallanes en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina (sur de este país), sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque presentando valores infrecuentes por el norte, ya que incorpora las cordilleras de la Costa y de los Andes de la IX región, y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.38. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta algunas zonas en territorio chileno: cordillera andina de la XI y XII Región, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.31, un valor menor al establecido para el territorio chileno, y bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del coigüe de Magallanes y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°34), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

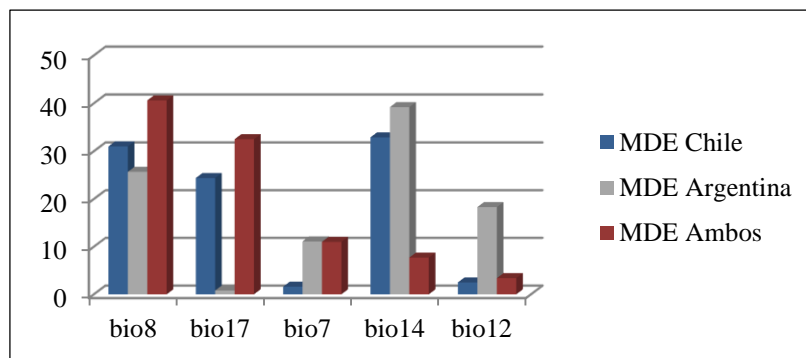


Figura N° 34: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Nothofagus betuloides* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), destacada en el segundo lugar de los modelos para cada país, asciende al primer lugar en la contribución del modelo final con un 40.6%. Llama la atención que la variable bio14, descienda al cuarto lugar de importancia en el modelo final, sólo con un 7.7%, a pesar de haber estado en el primer lugar de cada uno de los modelos para cada país. Si bien la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio chileno (-10°C a 28°C), que en territorio argentino (3°C a 28°C), sería en Argentina donde la precipitación del trimestre más seco (bio17), alcanzaría mayores rangos de precipitación (60 a 853 mm), que en Chile (50 a 430 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial del coigüe de Magallanes en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°11), con un umbral mínimo de 0.32, refleja que la distribución potencial del coigüe de Magallanes coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando valores infrecuentes en la cordillera de Nahuelbuta (VIII y IX Región) y en la cordillera de los Andes de la Araucanía, lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 36°50'S, en la ciudad de Concepción (Prov. Concepción, VIII Región), a los 56°S, en el Cabo de Hornos (Prov. Antártica Chilena, XII Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Subpolares Magallánicos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del coigüe de Magallanes se encuentra contenida completamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 36°50'S, en la ciudad de Concepción, hasta los 45°10'S, en el archipiélago de la cordillera de la Costa (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos (< 900 msnm), que se presentan en tres zonas: a) entre los 37°15'S y los 38°35'S, en la cordillera de Nahuelbuta, en el límite regional entre el Biobío y la Araucanía; b) entre los 39°05'S, en la zona comprendida entre las localidades de Toltén y Gorbea (Prov. Cautín, IX Región) y los 41°10'S, al sur del límite provincial entre Osorno y Llanquihue (X Región); y c) en torno a los 42°15'S, en la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región). Los valores altos (> 900 msnm), contenidos en la zona anteriormente nombrada, predominan en una pequeña franja en torno al Parque Nacional Nahuelbuta, y sus alrededores, en el límite regional entre el Biobío y la Araucanía.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del coigüe de Magallanes se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 38°45'S, en la

ciudad de Temuco (Prov. Cautín, IX Región), hasta los 46°35'S, en el Parque Nacional Laguna San Rafael, en el límite austral de la Depresión Intermedia (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que predominan en una pequeña franja en torno a los 39°30'S, en el límite regional entre la Araucanía y los Ríos, hasta los 39°50'S, al norte del límite provincial entre Valdivia y Osorno (XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del coigüe de Magallanes se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, en los Bosques Templados Valdivianos, y mayoritariamente en los Bosques Subpolares Magallánicos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 37°10'S, en la precordillera andina, en el límite provincial entre Ñuble y Biobío (VIII Región), hasta los 56°S, en el Cabo de Hornos. Se destacan los valores medio-altos (< 1500 y < 1200 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que se presentan en diversas zonas andinas: a) desde los 38°40'S, en el Parque Nacional Conguilio (Prov. Cautín, IX Región), en Chile, y los 39°40'S, en las proximidades del lago Paimún (Depto. Huilliches, Neuquén), en Argentina, los que predominan hasta los 45°45'S, en el norte de la Reserva Nacional Cerro Castillo (Prov. Coyhaique, XI Región), en territorio chileno, y hasta los 41°S en las proximidades del Brazo Blest del lago Nahuel Huapi, en el límite provincial entre Neuquén y Río Negro, en territorio argentino; b) desde los 47°S, al norte de la localidad de Cochrane (Prov. Capitán Prat, XI Región), hasta los 48°45'S, en el lago binacional O'Higgins/San Martín (Prov. Capitán Prat, XI Región - Depto. Lago Argentino, Santa Cruz), donde estos valores "atravesan" al territorio argentino en el lago mencionado, predominando hasta los 50°45'S, en el límite austral del Parque Nacional los Glaciares (ecorregión Estepa Patagónica), en donde los valores "atravesan" nuevamente al territorio chileno en la Reserva de la Biósfera Torres del Paine, (Prov. Última Esperanza, XII Región), hasta los 52°20'S, en la Península Barros Arana, cercana al límite provincial entre Última Esperanza y Magallanes (XII Región); y c) en el estrecho de Magallanes, en el límite provincial entre Magallanes y Tierra del Fuego (XII Región). Además, se deben destacar los valores altos (< 1200 msnm), contenidos en la zona anteriormente nombrada, que dominan también en diversas áreas: a) en la precordillera andina de las provincias de Cautín (IX Región) y Valdivia (XIV Región), entre los 38°45'S, al norte de la localidad de Cunco, y los 39°50'S, en las proximidades del lago Riñihue; b) en torno a los 50°30'S, en las proximidades del lago Roca (Depto. Lago Argentino, Santa Cruz); c) en torno a los 51°C, dentro del Parque Nacional Torres del Paine (Prov. Última Esperanza, XII Región); y d) entre los 54°30'S y los 56°, en el extremo sur de la provincia de Tierra del Fuego en territorio argentino, abarcando las áreas comprendidas entre la ciudad de Ushuaia y la isla de Los Estados; y entre los 55° y los 56°, en territorio chileno, abarcando los archipiélagos más australes del continente, en la isla Navarino y el Cabo de Hornos (Prov. Antártica Chilena, XII Región).

4.2.3.17 Distribución potencial de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst., en Chile y Argentina

Nothofagus dombeyi, posee distintos nombres comunes: coigüe, coigüe común o *koiwe*. Es un árbol siempreverde, frondoso, de y aspecto grisáceo, que crece hasta 40 metros de altura. Su tronco es cilíndrico, recto, de unos 3 metros de diámetro y su corteza es gris oscura, lisa y con grietas longitudinales poco profundas (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el coigüe crece entre las provincias de Colchagua (VI Región) y Capitán Prat (XI Región), en ambas cordilleras, desde casi el nivel del mar hasta los 1800 metros de altitud. También está presente en el sur de Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del coigüe en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque alcanzando por el sur sólo hasta la provincia de General Carrera (XI Región), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.35. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una pequeña cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la IX a la XIV Región, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.4, que si bien es un valor mayor al establecido para Chile, sigue siendo un valor bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del coigüe y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°35), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

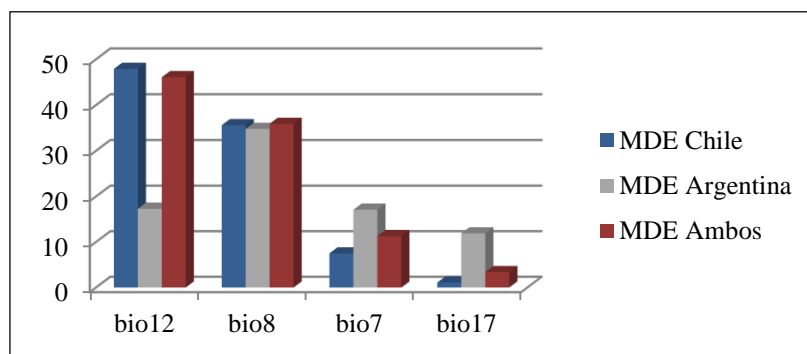


Figura N° 35: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Nothofagus dombeyi* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, la precipitación anual (bio12), la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8) y el rango de temperatura anual (bio7), representarían las primeras tres variables más contribuyentes (al igual que en territorio chileno) al modelo final, con un 46.1%, 35.9% y 11.3%, respectivamente. La precipitación anual (bio12), alcanzaría mayores rangos de precipitación en territorio chileno (1500 a 5434 mm), que en territorio argentino (900 a 1900 mm), al igual que en la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), ya que Chile presentaría mayores rangos térmicos (-10°C a 7°C), que en Argentina (-10°C a 5°C).

2. Descripción general de la distribución potencial del coigüe en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°12), con un umbral mínimo de 0.36, refleja que la distribución potencial del coigüe coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque extendiéndose por el norte hasta la provincia de Cachapoal (VI Región), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 34°25'S, en la precordillera andina de la provincia de Cachapoal (VI Región), al oriente de la localidad de Rengo, hasta los 48°S, al sureste de la localidad de Tortel (Prov. Capitán Prat, XI Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del coigüe se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 36°30'S, al norte de la localidad de Tomé, en el límite provincial entre Ñuble y Concepción (VIII Región), hasta los 42°35'S, al sur de la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan en dos zonas: a) entre los 37°20'S y los 38°35'S, en la cordillera de Nahuelbuta, en el límite regional entre el Biobío y la Araucanía; y b) entre los 39°05'S, en la zona comprendida entre las localidades de Toltén y Gorbea (Prov. Cautín, IX Región) y los 40°05'S, en el límite provincial entre Valdivia y Ranco (XIV Región).

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del coigüe se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 36°45'S, al oriente de la localidad de Pinto (Prov. Ñuble, VIII Región), hasta los 43°25'S, en el extremo austral de la isla de Chiloé (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan desde los 38°S, al oriente de la localidad de Collipulli, en el límite regional entre el Biobío y la Araucanía, hasta los 40°20'S en el sur del lago Ranco (Prov. Ranco, XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del coigüe se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, el extremo norte de los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 34°25'S, en la precordillera andina de la provincia de Cachapoal, al oriente de la localidad de Rengo, hasta los 48°S al sureste de la localidad de Tortel. Se destacan los valores medio-altos (< 1700 msnm), que predominan en diversas zonas, en territorio chileno: a) en la precordillera andina de las provincias de Colchagua y Talca, de las regiones de O'Higgins y el Maule, respectivamente; y b) entre los 36°15'S, en la precordillera andina, al norte del límite regional entre el Maule y Biobío, y los 42°35'S, al norte del cordón Chaitén (Prov. Palena, X Región); y en territorio argentino: c) en el departamento de Ñorquín (Prov. Neuquén), entre los 37°20'S y los 38°S, y d) entre los 38°50'S en las proximidades del lago Aluminé (Depto. Aluminé, Neuquén), hasta los 43°05'S, en el Parque Nacional Los Alerces (Depto. Futaleufú, Chubut). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica, en los departamentos de Huiliches, Lácar y Los Lagos (Prov. Neuquén), mediante valores medios y medio-altos, entre los 71°O y los 71°15'O.

4.2.3.18 Distribución potencial de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., en Chile y Argentina

Nothofagus obliqua, posee distintos nombres comunes: roble, hualle, pellín, coyán, *walle*, *pellin* o *koyam*. Es un árbol de hojas que caen en otoño, frondoso y con ramas gruesas, ligeramente perpendiculares al tronco, que alcanza una altura de hasta 40 metros. Su tronco mide unos 2 metros de diámetro, y la corteza de los ejemplares adultos es gruesa, agrietada y gris oscura, mientras que en los juveniles es lisa y de color gris hasta blanquecina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el roble crece desde la Provincia de Cardenal Caro (VI Región) por la costa, y desde Curicó (VII Región) por la precordillera andina, hasta el llano central de la Provincia de Llanquihue (X Región). Desde la Provincia de Malleco (IX Región) hacia el sur es considerado una especie dominante en el valle central, alcanzando en la precordillera una altitud de 1500 metros. También está presente en la zona andina de Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008), en la provincia de Neuquén (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del roble en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de la provincia de Neuquén, estando

limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque presentándose por el norte hasta la provincia de Colchagua (VI Región), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.36. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, incorpora las provincias de Río Negro y Chubut, y toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la VIII a la XI Región y, Depresión Intermedia y cordillera de la Costa de la IX Región, es decir, incorpora una gran extensión latitudinal (que supera con creces a la distribución conocida de la especie en ambos países), lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.29, un valor menor al establecido para el territorio chileno, y bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia, y además, esto se podría explicar debido a la menor cantidad de registros de presencia en territorio argentino (32), que está en el límite de los mínimos registros necesarios para generar modelos de distribución de especies estadísticamente válidos.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del roble y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos (Ver Figura N°36), se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países:

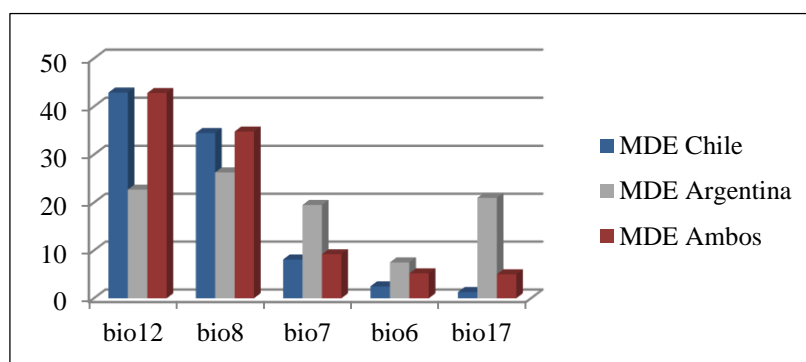


Figura N° 36: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Nothofagus obliqua* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, la precipitación anual (bio12), la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8) y el rango de temperatura anual (bio7), representadas en los tres primeros lugares en el modelo para territorio chileno, son las variables bioclimáticas que más contribuyen al modelo final, con un 42.8%, 34.8% y 9.2% respectivamente. Esta relación podría deberse a la importancia que le daría el modelo final a la gran cantidad de registros de presencias en territorio chileno (9 veces más que los registros de presencia en Argentina). Si bien la precipitación anual (bio12), alcanzaría mayores rangos de precipitación en territorio chileno (1600 a 5434 mm), que en territorio argentino (900 a 2200 mm), sería en Argentina donde la temperatura media del trimestre

más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos (-10°C a 10°C), que Chile (-10°C a 7°C).

2. Descripción general de la distribución potencial del roble en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°12), con un umbral mínimo de 0.37, refleja que la distribución potencial del roble coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando algunos valores infrecuentes, en los extremos norte, hasta la provincia de Colchagua (VI Región) y sur, alcanzando zonas aisladas en la provincia de General Carrera (XI Región) en Chile, e incorporando pequeñas áreas en las provincias de Río Negro y Chubut, en Argentina, lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 34°35'S, en la ciudad de San Fernando (Prov. Colchagua, VI Región), a los 46°05'S, en el extremo sur del Parque Nacional Cerro Castillo (Prov. General Carrera, XI Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del roble se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 34°55'S, al occidente de la localidad de Licantén (Prov. Curicó, VII Región), hasta los 40°35'S, en la localidad de San Juan de la Costa (Prov. Osorno, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan entre los 35°15'S, en la localidad de Constitución (Prov. Talca, VII Región), y los 39°50'S, en el cerro Pan de Azúcar (Prov. Valdivia, XIV Región).

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del roble se encuentra contenida en dos ecorregiones, el Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 35°50'S, en la ciudad de Linares (VII Región), hasta los 41°30'S, en la ciudad de Puerto Montt (Prov. Llanquihue, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que sólo se presentan en la provincia de Valdivia (XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del roble se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 34°35'S, en la ciudad de San Fernando, a los 43°15'S, en el extremo sur del Parque Nacional Los Alerces. Se destacan los valores medio-altos (< 1500 msnm), que predominan en territorio chileno, desde los 35°25'S al sur de la Reserva Nacional Radal Siete Tazas, en el límite provincial entre Curicó y Talca (VII Región), y los 39°S, en el norte del Parque Nacional Huerquehue (Prov. Cautín, IX Región). En territorio argentino, sólo

predominarían los valores medios (< 1500 msnm), desde los 38°50'S, en las proximidades del lago Aluminé (Depto. Aluminé, Neuquén), hasta los 43°10'S en el Parque Nacional Los Alerces (Depto. Futaleufú, Chubut). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica, que al igual que la probabilidad de presencia en territorio argentino, sólo presenta valores medios, en el departamento de Huiliches (Prov. Neuquén), entre los 71°O y los 71°15'O.

4.2.3.19 Distribución potencial de *Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser, en Chile y Argentina

Nothofagus pumilio, posee distintos nombres comunes: lenga, *comink*, *kuálchinke*, *kualchink*, *kaulchínke*, *kawaltchénk*, *walchin*, *hamó*, *hanis* o *hanislush*. Es un árbol de follaje deciduo, copa piramidal y ramificación estratificada, que crece hasta los 30 metros de altura. Su tronco es cilíndrico, de 1.5 metros de diámetro, y su corteza es delgada, gris oscura y agrietada longitudinalmente (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, la lenga crece desde la Provincia de Talca (VII Región) hasta Cabo de Hornos, en la Provincia Antártica Chilena (XII Región), desde el nivel del mar hasta los 2000 metros de altitud. Habita sobre todo en la cordillera de los Andes, donde, en reemplazo o junto al ñirre, marca el límite superior de los bosques. En la zona costera, se encuentra en las cumbres de las cordilleras de Nahuelbuta y Pelada. También está presente en la zona andina y límite oriental de la estepa patagónica en Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En territorio argentino, se presenta en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento de la lenga en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio argentino, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Chile, sólo incorporando algunas zonas andinas de las regiones XI y XII, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Argentina, y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.35. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio chileno, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina: provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio chileno, que es de 0.2, un valor menor al establecido para el territorio argentino, y bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia. Esto se explicaría debido a la existencia de mayor cantidad de registros de presencia en Argentina, en desmedro de los registrados para el territorio chileno.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento de la lenga y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos, se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países (Ver Figura N°37):

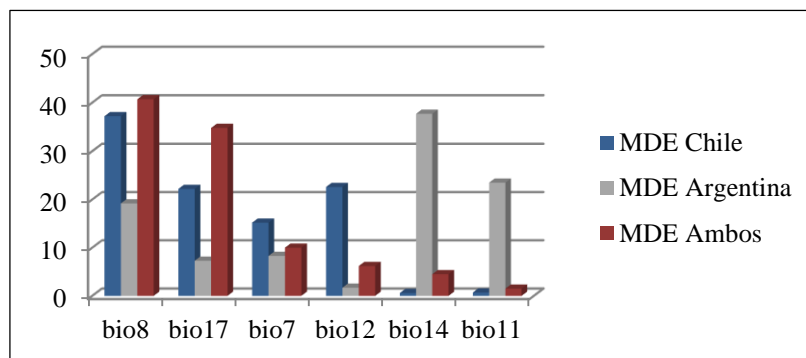


Figura N° 37: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Nothofagus pumilio* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, predominan las primeras cuatro variables más importantes para el modelo en territorio chileno, sin embargo, con otro orden en la contribución. Llama la atención, que a pesar de que el modelo en territorio argentino posee mayor cantidad de registros de presencia, las primeras dos variables en el modelo de ese país, bio14 y bio11, se emplazan en el quinto y séptimo lugar en el modelo final, respectivamente. La temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio argentino (-9°C a 12°C), que en territorio chileno (-10°C a 8°C), al igual que en la precipitación del trimestre más seco (bio17), ya que Argentina presentaría mayores rangos de precipitación (0 a 350 mm), que en Chile (0 a 200 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial de la lenga en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°11), con un umbral mínimo de 0.23, refleja que la distribución potencial de la lenga coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando valores infrecuentes hacia el norte, incorporando las provincias de Colchagua en la VI Región y Curicó en la VII Región, lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 34°35'S, en la precordillera andina, en el límite provincial entre Cachapoal y Colchagua (VI Región), a los 56°S, en el Cabo de Hornos (Prov. Antártica Chilena, XII Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial de la lenga se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 35°50'S, en la localidad costera de Pelluhue (Prov. Cauquenes, VII Región), hasta los 40°50'S, al sur de la localidad de San Juan de la Costa (Prov. Osorno, X Región). Se destacan los valores medio-altos (300-1000 msnm), que se presentan en la cordillera de Nahuelbuta, entre los 37°05'S, al oriente de la localidad de Lota, y los 38°35'S, en el cerro Ancapulli, al norte de la localidad de Carahue (Prov. Cautín, IX Región); y los que se presentan en una zona aislada en el cerro Nilcahuin, cercano a la localidad de Loncoche (Prov. Cautín, IX Región), en los 39°25'S. Además, se destacan los valores altos (> 1000 msnm), que se presentan en torno a los 37°50'S, paralelo correspondiente al Parque Nacional Nahuelbuta y sus alrededores.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial de la lenga se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 36°40'S, en la localidad de Coihueco (Prov. Ñuble, VIII Región), hasta los 41°S, en el límite provincial entre Osorno y Llanquihue (X Región), al sur de la localidad de Puerto Octay. Se destacan los valores medio-altos, que se presentan en una pequeña franja entre los 37°45'S, al oriente de la localidad de Mulchén (Prov. Biobío, VIII Región) y los 38°50'S, al oriente de la ciudad de Temuco (Prov. Cautín, IX Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial de la lenga se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 34°35'S, en la precordillera andina, en el límite provincial entre Cachapoal y Colchagua, a los 56°S en el Cabo de Hornos. Se destacan los valores medio-altos (< 2100 y < 1900 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan en dos extensas zonas: a) desde los 35°15'S, al norte de la Reserva Nacional Siete Tazas (Prov. Curicó, VII Región), en Chile, y los 36°50'S, en las proximidades de las lagunas de Epulafquén (Depto. Minas, Neuquén), en Argentina, los cuales se mantienen sin mayores interrupciones, hasta los 43°15'S, en las proximidades del lago Yelcho (Prov. Palena, X Región), en territorio chileno, y hasta los 43°30'S, en la localidad de El Corcovado (Depto. Futaleufú, Chubut), en territorio argentino; y b) desde los 45°15'S, al norte de la Reserva Nacional Coyhaique (XI Región), hasta los 48°45'S, en el lago binacional O'Higgins/San Martín (Prov. Capitán Prat, XI Región - Depto. Lago Argentino, Santa Cruz), donde estos valores "atravesan" al territorio argentino en el lago mencionado, predominando hasta los 50°45'S, en el límite austral del Parque Nacional los Glaciares (ecorregión Estepa Patagónica), en donde los valores "atravesan" nuevamente al territorio chileno en la Reserva de la Biósfera Torres del Paine, (Prov. Última Esperanza, XII Región), hasta los 52°20'S en la Península Barros Arana, cercana al límite provincial entre Última Esperanza

y Magallanes (XII Región). Los valores altos (< 1800 msnm), se presentan discontinuamente, en la precordillera andina, entre los 36°40'S, en la Reserva Nacional Huemules del Niblinto (Prov. Ñuble, VIII Región) y los 39°30'S, en el Parque Nacional Villarrica, en el límite regional entre la Araucanía y los Ríos. Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica (además de la ya mencionada), la cual se da en torno al paralelo 40°S, entre los meridianos 71°O y 71°15'O, en el límite departamental entre Huilliches y Lácar (Neuquén).

4.2.3.20 Distribución potencial de *Pilgerodendron uviferum* (D.Don) Florin, en Chile y Argentina

Pilgerodendron uviferum, posee distintos nombres comunes: ciprés de las Guaitecas, lahuán, ten, ciprés de las islas, *shios* o *lipaix*. Es una conífera de copa piramidal y estrecha, de hasta 20 metros de altura. Su tronco es cilíndrico y erecto, de 1 metro de diámetro, y su corteza es rugosa, de color castaño-rojizo, se descascara en láminas grisáceas y presenta fisuras longitudinales (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el ciprés de las Guaitecas, se distribuye tanto en la cordillera de la Costa como de los Andes, entre las provincias de Valdivia (XIV Región) y Tierra del Fuego (XII Región), desde el nivel del mar hasta los 1000 metros de altitud. Debe su nombre a su abundancia en el archipiélago de las Guaitecas, en la Provincia de Aysén (XI Región) (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). También se presenta en Argentina, en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del ciprés de las Guaitecas en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque presentando valores infrecuentes por el norte, hasta la cordillera andina de la VIII Región, y presentándose por el sur sólo hasta la provincia de Última Esperanza (XII Región), lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie, ya que consta de un valor mínimo del umbral establecido de 0.18, un valor muy bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país (aunque no extendiéndose hasta la provincia de Tierra del Fuego), toma en cuenta una pequeña cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina de algunas provincias de la XI y XII Región). A pesar de esto, el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino

es de 0.58, un valor mayor al establecido para el territorio chileno, y alto con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del ciprés de las Guaitecas y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos, se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países (Ver Figura N°38):

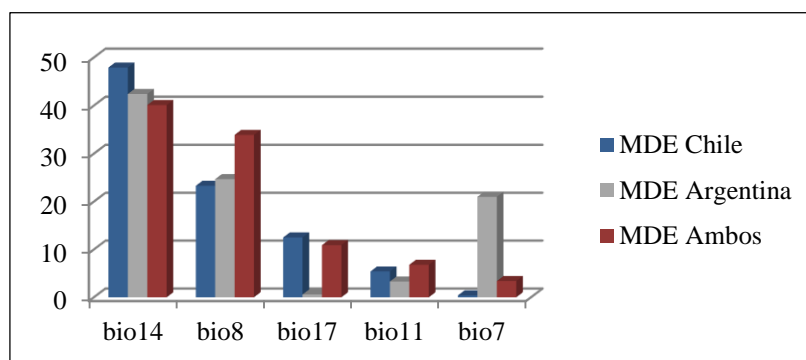


Figura N° 38: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Pilgerodendron uviferum* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, predominan las primeras tres variables más importantes para el modelo en territorio chileno, bio14, bio8 y bio17 (dos primeras variables en territorio argentino). La precipitación del mes más seco (bio14), alcanzaría mayores rangos de precipitación en territorio argentino (30 a 110 mm), que en territorio chileno (50 a 120 mm), al igual que en la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), ya que Argentina presentaría mayores rangos térmicos (-7°C a 15°C), que en Chile (-3°C a 11°C).

2. Descripción general de la distribución potencial del ciprés de las Guaitecas en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°10), con un umbral mínimo de 0.29, refleja que la distribución potencial del ciprés de las Guaitecas coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentándose valores infrecuentes hacia el norte, en las provincias de Cautín y Malleco (IX Región), y Arauco (VIII Región), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 38°S, en la cordillera de la Costa, en la localidad de Contulmo (Prov. Arauco, VIII Región), a los 55°30'S, en el extremo sur del Parque Nacional Alberto de Agostini (Prov. Antártica Chilena, XII Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados

Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del ciprés de las Guaitecas se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 38°S, en la cordillera de la Costa, en la localidad de Contulmo, hasta los 47°S, en el límite austral de esta macroforma en la península de Taitao (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos (< 1000 msnm), que se presentan entre los 39°25'S, en el límite regional entre la Araucanía y los Ríos, y los 43°25'S en el límite austral de la isla de Chiloé (Prov. Chiloé, X Región); además de presentarse en una pequeña franja entre los 46°S y los 46°30'S en la Reserva Nacional Las Guaitecas (Prov. Aysén, XI Región). Los valores altos (> 1000 msnm), se presentan dentro de la anterior zona mencionada, en torno al paralelo 42°S, en la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región).

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del ciprés de las Guaitecas se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 38°15'S, en la localidad de Victoria (Prov. Malleco, IX Región), hasta los 47°S, en el límite austral de esta macroforma al oriente de la península de Taitao (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan entre los 39°S, al oriente de la localidad de Pitrufoquén (Prov. Cautín, IX Región), y los 43°30'S, en el extremo austral de la isla de Chiloé (Prov. Chiloé, X región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del ciprés de las Guaitecas se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 38°15'S, en la precordillera andina, al sur del Parque Nacional Tolhuaca (Prov. Malleco, IX Región), a los 55°30'S, en el extremo sur del Parque Nacional Alberto de Agostini. Se destacan los valores medio-altos (< 1200 y < 1500 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan en dos extensas zonas: a) desde los 39°30'S, al sur del Parque Nacional Villarrica, en el límite regional entre la Araucanía y los Ríos, en Chile, y los 39°45'S, en las proximidades del lago Paimún (Depto. Huilliches, Neuquén), en Argentina, los cuales se mantienen sin mayores interrupciones, hasta los 43°45'S al norte de la Reserva Nacional Lago Palena (X Región), en territorio chileno, y hasta los 43°30'S en la localidad de El Corcovado (Depto. Futaleufú, Chubut), en territorio argentino; y b) desde los 45°30'S en la ciudad de Coyhaique (XI Región), hasta los 48°45'S, en el lago binacional O'Higgins/San Martín (Prov. Capitán Prat, XI Región - Depto. Lago Argentino, Santa Cruz), donde estos valores "atravesan" al territorio argentino en el lago mencionado, predominando hasta los 50°45'S, en el límite austral del

Parque Nacional los Glaciares (ecorregión Estepa Patagónica), en donde los valores “atravesan” nuevamente al territorio chileno en la Reserva de la Biósfera Torres del Paine, (Prov. Última Esperanza, XII Región), hasta los 51°15'S, dentro de la misma área protegida. Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica (además de la ya mencionada), la cual se da en torno al paralelo 40°S, entre los meridianos 71°O y 71°15'O, en el departamento de Huilliches (Neuquén), sólo alcanzando los valores medios.

4.2.3.21 Distribución potencial de *Raukaua laetevirens* (Gay) Frodin, en Chile y Argentina

Raukaua laetevirens, posee distintos nombres comunes: sauco del diablo, traumén, sauco cimarrón, chaumán, palo mayor, chamame, chaumame, *trariümamüll traumén* o *treumun*. Es un árbol siempreverde, de contextura fina, que se destaca en el bosque por su colorido verde claro. Bajo ciertas condiciones adquiere una forma arbustiva o se asemeja a una liana, y puede alcanzar una altura de hasta 8 metros y su tronco un diámetro de unos 30 cm. Su corteza es grisácea y lisa, y sus hojas palmadas son muy características (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el sauco del diablo se encuentra entre las provincias de Talca (VII Región) y Magallanes (XII Región). Habita desde el nivel del mar hasta los 1300 metros de altitud, en sectores húmedos del bosque, a orillas de cursos de agua o sobre otros árboles de gran tamaño. También crece en el sur de Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008) en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del sauco del diablo en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de la provincia de Neuquén, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque sólo presentándose por el sur hasta la provincia de Última Esperanza (XII Región), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.31. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una gran cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la VIII a la XII Región y, Depresión Intermedia de las regiones IX y XIV, lo que podría conducir a una sobre-predicción de las presencias de la especie. Esto podría explicarse por el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino, que es de 0.12, un valor menor al establecido para el territorio chileno, y muy bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del sauco del diablo y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos, se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países (Ver Figura N°39):

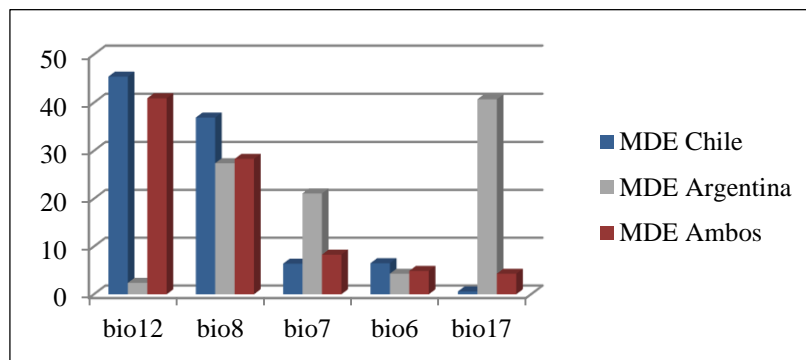


Figura N° 39: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Raukaua laetevirens* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, predominan las primeras dos variables más importantes para el modelo en territorio chileno, relegándose la primera variable en territorio argentino (bio17), al quinto lugar del modelo final. Si bien la precipitación anual (bio12), alcanzaría mayores rangos de precipitación en territorio chileno (2000 a 5434 mm), que en territorio argentino (0 a 2400 mm), sería en Argentina donde la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos (-10°C a 12.5°C), que en Chile (-5°C a 12°C).

2. Descripción general de la distribución potencial del sauco del diablo en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°13), con un umbral mínimo de 0.29, refleja que la distribución potencial del sauco del diablo coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque presentando valores infrecuentes por el norte, alcanzando la provincia de Cachapoal (VI Región), y no alcanzando el límite sur de la distribución conocida, mencionada anteriormente, lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 34°05'S, al oriente de la localidad de Machalí (Prov. Cachapoal, VI Región), a los 52°30'S, en la península Muñoz Gamero (Prov. Última Esperanza, XI Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del sauco del diablo se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 35°S, en el límite provincial entre Curicó y Talca (VII Región), hasta los 45°40'S, dentro de la Reserva Nacional Las Guaitecas (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos (< 1000 msnm), que se presentan entre los 35°25'S, al sur de la localidad de Constitución (Prov. Talca, VII Región), y los 42°10'S en la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región). Los valores altos (> 1000 msnm), se presentan dentro de la anterior zona mencionada, en torno al paralelo 37°45'S, en la cordillera de Costa, dentro del Parque Nacional Nahuelbuta, y sus alrededores, en el límite regional entre el Biobío y la Araucanía.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del sauco del diablo se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 37°40'S, al oriente de la localidad de Mulchén (Prov. Biobío, VIII Región), hasta los 47°S, en el límite austral de esta macroforma al oriente de la península de Taitao (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan entre los 39°S, en la localidad de Pitrufulquén (Prov. Cautín, IX Región), y los 40°40'S, en las proximidades del lago Puyehue, en el límite provincial entre Ranco y Osorno (XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del sauco del diablo se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a altos; desde los 34°05'S, al oriente de la localidad de Machalí, a los 52°30'S, en la península Muñoz Gamero. Se destacan los valores medio-altos (< 1700 y < 1400 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan en dos extensas zonas: a) desde los 36°55'S, al oriente de la localidad de El Carmen (Prov. Ñuble, VIII Región), en Chile, y los 39°20'S, en las proximidades del lago Quillén (Depto. Aluminé, Neuquén), en Argentina, los cuales se mantienen sin mayores interrupciones, hasta los 44°S, al norte del Monte Melimoyu (Prov. Aysén, XI Región), en territorio chileno, y hasta los 40°45'S, cercano al cerro Pantojo, en las proximidades del lago Nahuel Huapi (Depto. Los Lagos, Neuquén), en territorio argentino; y b) entre los 45°30'S, en la ciudad de Coyhaique (XI Región), y los 48°30'S, al norte del Parque Nacional Bernardo O'Higgins (Prov. Capitán Prat, XI Región), en territorio chileno, aunque de manera disjunta. Los valores altos (< 1300 msnm), se presentan dentro de la anterior zona mencionada, entre los 37°55'S, al occidente de la Reserva Nacional Altos de Pemehue (Prov. Biobío, VIII Región), y los 38°45'S, en el Parque Nacional Conguillío (Prov. Cautín, IX Región); además de encontrarse en torno al paralelo 39°45'S, entre los lagos Riñihue y Panguipulli (Prov. Valdivia, XIV Región). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica, la cual se

da en torno al paralelo 40°S, entre los meridianos 71°O y 71°15'O, en el límite departamental entre Huilliches y Lácar (Neuquén), sólo alcanzando los valores medios y medio-bajos.

4.2.3.22 Distribución potencial de *Saxegothaea conspicua* Lindl., en Chile y Argentina

Saxegothaea conspicua, posee distintos nombres comunes: mañío de hojas cortas, mañío, mañío hembra, mañío macho (en Chiloé), mañío colorado o mañío-lahuán. Es una conífera de copa frondosa, que alcanza una altura de hasta 20 metros y su tronco un diámetro de unos 2 metros. Su corteza es delgada y forma placas irregulares de color castaño-purpúreo que se desprenden (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el mañío de hojas cortas habita en ambas cordilleras, desde la Provincia de Talca (VII Región) hasta Aysén (XI Región), y desde el nivel del mar hasta los 1000 metros de altitud. También está presente en Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008) en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del mañío de hojas cortas en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén y Río Negro, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque sólo presentándose por el norte desde la provincia de Concepción (VIII Región), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.22. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una pequeña cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la IX a la XI Región. A pesar de esto, el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino es de 0.44, que si bien es un valor mayor al establecido para el territorio chileno, sigue siendo bajo con respecto a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del mañío de hojas cortas y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos, se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países (Ver Figura N°40):

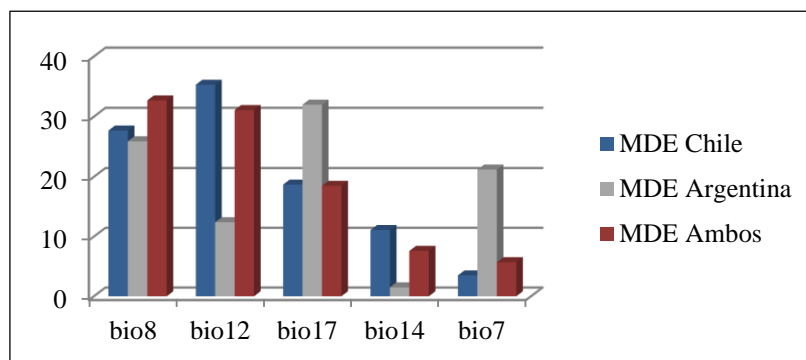


Figura N° 40: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Saxegothea conspicua* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), representada en los segundos lugares de ambos modelos por separado, asciende al primer lugar, con un 32.7%, siguiéndoles en importancia las primeras variables en los modelos de Chile y Argentina, respectivamente; presentándose en el segundo lugar, la precipitación anual (bio12), con un 31.3%, y en el tercer lugar, la precipitación del trimestre más seco (bio17), con un 18.5%. La temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), alcanzaría mayores rangos térmicos en territorio chileno (-10°C a 8°C), que en territorio argentino (-5°C a 5°C), al igual que en la precipitación anual (bio12), ya que Chile presentaría mayores rangos de precipitación (1700 a 5434 mm), que en Argentina (400 a 2300 mm).

2. Descripción general de la distribución potencial del mañío de hojas cortas en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°7), con un umbral mínimo de 0.39, refleja que la distribución potencial del mañío de hojas cortas coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque sólo presentándose por el norte desde la provincia de Concepción (VIII Región), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 37°05'S, al oriente de la localidad de Lota, a los 46°05'S, en el extremo austral de la Reserva Nacional Cerro Castillo (Prov. General Carrera, XI Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del mañío de hojas cortas se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medios a medio-altos; desde los 37°05'S, al oriente de la localidad de Lota, hasta

los 42°35'S, en las estribaciones de la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan en dos zonas: a) entre los 37°30'S y los 38°35'S, coincidente con la cordillera de Nahuelbuta, en el límite regional entre el Biobío y la Araucanía, y b) entre los 39°05'S, al oriente de la localidad de Toltén (Prov. Cautín, IX Región) y los 40°55'S, al norte del límite provincial entre Osorno y Llanquihue.

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del mañío de hojas cortas se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 38°, en la localidad de Collipulli (Prov. Malleco, IX Región), hasta los 43°S, al occidente de la localidad de Quellón (Prov. Chiloé, X Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan desde los 38°55'S, al occidente de la localidad de Cunco (Prov. Cautín, IX Región), hasta los 40°35'S, al sur del lago Ranco (Prov. Ranco, XIV Región).

iii. Cordillera de los Andes: en esta zona, la distribución potencial del mañío de hojas cortas se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 38°S, en la Reserva Nacional Malleco, en el límite regional entre Biobío y la Araucanía, hasta los 46°05'S, en el extremo austral de la Reserva Nacional Cerro Castillo. Se destacan los valores medio-altos (< 1500 y < 1200 msnm, en Chile y Argentina, respectivamente), que predominan desde el límite norte mencionado, en Chile, y los 39°30'S, en las proximidades del lago Tremen (Depto. Huilliches, Neuquén), en Argentina, los cuales se mantienen hasta los 42°50'S en ambos países, en el Santuario de la Naturaleza Parque Pumalín (Prov. Llanquihue, X Región), en territorio chileno, y en el Parque Nacional Los Alerces (Depto. Futaleufú, Chubut), en territorio argentino.

4.2.3.23 Distribución potencial de *Weinmannia trichosperma* Cav., en Chile y Argentina

Weinmannia trichosperma, posee distintos nombres comunes: tinea, tenío, teníu, tinel, madén, palo santo, tiñel o *teniu*. Es un árbol siempreverde, de follaje claro y copa rala, que alcanza una altura de hasta 40 metros y su tronco un diámetro de unos 2 metros. Su corteza es ligeramente arrugada, gris clara, con fisuras longitudinales y transversales bien marcadas, y sus hojas aparentan encajes bordados; además, posee un racimo cilíndrico compuesto por flores blanco-crema, que luego se torna rosado y rojo al madurar los frutos (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008). En Chile, el tinea crece desde la costa de la provincia de Talca (VII Región) hasta la provincia de Última Esperanza (XII Región). Habita en ambas cordilleras, en sectores húmedos del bosque, en quebradas o en lugares pantanosos, desde casi el nivel del mar hasta los 950 metros de altitud. También está presente en el sur de Argentina (GARCÍA & ORMAZABAL, 2008) en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz (ZULOAGA *et al.*, 2008).

1. Principales diferencias en el modelamiento del tino en Chile y Argentina

Luego de proyectar la distribución potencial de ambos modelos, se distingue del modelo elaborado para el territorio chileno, el no tomar en cuenta gran parte de la distribución potencial en Argentina, sólo algunas zonas disjuntas de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, estando limitado a la distribución conocida de la especie en Chile, aunque sólo presentándose por el sur hasta la provincia de Capitán Prat (XI Región), y constando de un valor mínimo del umbral establecido de 0.31. Por otra parte, el modelo elaborado para el territorio argentino, además de considerar la distribución conocida de la especie en ese país, toma en cuenta una pequeña cantidad de zonas en territorio chileno: cordillera andina desde la IX a la XI Región. A pesar de esto, y de los menores registros en territorio argentino (33), el valor mínimo del umbral establecido en territorio argentino es de 0.49, es decir, un valor mayor al establecido para el territorio chileno, y más bien cercano a la media de probabilidad de presencia.

Tras el análisis de las curvas de respuestas de las variables bioclimáticas en el modelamiento del tino y, la revisión de la contribución de cada variable bioclimática a los modelos, se pueden distinguir algunas diferencias en ambos países (Ver Figura N°41):

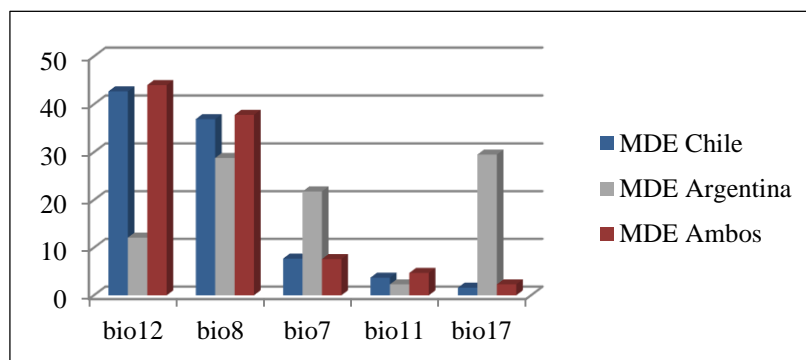


Figura N° 41: Contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelado de *Weinmannia trichosperma* en los distintos casos de registros de presencia. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que en el modelo final, predominan las primeras tres variables más importantes para el modelo en territorio chileno, relegándose la primera variable en territorio argentino (bio17), al sexto lugar del modelo final. Esta relación podría deberse a la importancia que le daría el modelo final a la gran cantidad de registros de presencias en territorio chileno (6 veces más que los registros de presencia en Argentina). La precipitación anual (bio12) alcanzaría mayores rangos de precipitación en territorio chileno (1500 a 5434 mm), que en territorio argentino (500 a 2200 mm); al igual que en la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), ya que Chile presentaría mayores rangos térmicos (-10°C a 8°C) que en Argentina (-3°C a 8°C).

2. Descripción general de la distribución potencial del tino en Chile y Argentina

El modelo final (Ver Anexo N°13), con un umbral mínimo de 0.33, refleja que la distribución potencial del tino coincide mayoritariamente con la distribución conocida en ambos países, aunque sólo presentándose por el sur hasta la provincia de Capitán Prat (XI Región), lo cual se ve manifestado en los límites latitudinales del modelo, que van desde los 35°25'S, al oriente de la localidad de Constitución (Prov. Talca, VII Región), a los 48°20'S, en el extremo norte del Parque Nacional Bernardo O'Higgins (Prov. Capitán Prat, XI Región). De una manera general, la mayor extensión de la distribución potencial de la especie se presentaría en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos. Bajo estos antecedentes la especie se presentaría, específicamente, en tres grandes zonas:

i. Cordillera de la Costa y Planicies Litorales: en esta zona, la distribución potencial del tino se encuentra contenida completamente en la ecorregión de los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 35°25'S, al oriente de la localidad de Constitución, hasta los 46°25'S, en la Reserva Nacional Las Guaitecas, en el archipiélago austral de la cordillera de la Costa (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan en dos zonas continuas: a) entre los 36°55'S, en la ciudad de Concepción y los 38°35'S, coincidente con la cordillera de Nahuelbuta, en el límite regional entre el Biobío y la Araucanía, y b) entre los 38°55'S, al norte de la localidad de Teodoro Schmidt (Prov. Cautín, IX Región) y los 41°30'S, al noroeste de la localidad de Maullín (Prov. Llanquihue, X Región). Además, los valores medio-altos se presentan, disjuntamente, en torno a los 42°15'S, en la cordillera de Piuchén (Prov. Chiloé, X Región), y en torno a los 44°S, en el archipiélago de las Guaitecas (Prov. Aysén, XI Región).

ii. Depresión Intermedia: en esta zona, la distribución potencial del tino se encuentra contenida en dos ecorregiones, el extremo sur del Matorral Chileno, y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 37°40'S, en la localidad de Renaico (Prov. Malleco, IX Región), hasta los 46°30'S, en el extremo norte del Parque Nacional Laguna San Rafael (Prov. Aysén, XI Región). Se destacan los valores medio-altos, que se presentan desde los 38°S, en la localidad de Collipulli (Prov. Malleco, IX Región), hasta los 41°45'S, al sur de la localidad de Maullín (Prov. Llanquihue, X Región). Además, estos valores se presentan, disjuntamente, entre los 45°30'S y los 46°, frente al Santuario de la Naturaleza Estero de Quitraco (Prov. Aysén, XI Región).

iii. Cordillera de los Andes y Estepa Patagónica: en esta zona, la distribución potencial del tino se encuentra contenida en tres ecorregiones, el extremo oeste de la Estepa Patagónica, el extremo norte de los Bosques Subpolares Magallánicos y mayoritariamente en los Bosques Templados Valdivianos, con una probabilidad de presencia que varía desde valores medio-bajos a medio-altos; desde los 37°25'S, al sur de la localidad de Antuco (Prov. Biobío, VIII Región), hasta los 48°20'S, en el extremo norte del Parque Nacional

Bernardo O'Higgins. Se destacan los valores medio-altos (< 1200 msnm, en Chile y Argentina), que predominan desde los $37^{\circ}55'S$, al occidente de la Reserva Nacional Altos de Pemehue (Prov. Biobío, VIII Región), en Chile, y los $39^{\circ}05'S$, en las proximidades del lago Ñorquincó (Depto. Aluminé, Neuquén), en Argentina, los cuales se mantienen hasta los $41^{\circ}S$ en ambos países, en el extremo norte del Parque Nacional Vicente Pérez Rosales (Prov. Llanquihue, X Región), en territorio chileno, y en las proximidades del lago Nahuel Huapi (Depto. Los Lagos, Neuquén), en territorio argentino. Además, se presentan estos valores, aisladamente, entre los $42^{\circ}S$ y los $42^{\circ}30'S$, dentro del Santuario de la Naturaleza Parque Pumalín (Prov. Llanquihue, X Región). Cabe destacar, como se mencionó anteriormente, que la especie posee una pequeña área de distribución potencial en la Estepa Patagónica, la cual se da en torno al paralelo $40^{\circ}S$, entre los meridianos $71^{\circ}O$ y $71^{\circ}15'O$, en el departamento de Huilliches (Neuquén), sólo alcanzando los valores medios y medio-bajos.

4.3 Evaluación de la representatividad de las especies arbóreas en las áreas protegidas oficiales de Chile

4.3.1 Superposición de datos: áreas protegidas y distribución potencial

En el presente resultado, se realiza un cruce de información, una superposición espacial, entre las áreas protegidas oficiales de Chile y la distribución potencial de cada una de las especies arbóreas, con el fin de comparar dos escenarios de evaluación, los cuales se diferencian en los registros de presencia utilizados para elaborar los modelos de distribución de especies; es decir:

- i. Un escenario N°1, generado a partir de modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en Chile y Argentina, en conjunto.
- ii. Un escenario N°2, generado a partir de modelos de distribución de especies elaborados sólo con registros de presencia en Chile.

Se elabora la siguiente tabla con información por especie, dividida en ambos escenarios ya mencionados, que dan cuenta de diversos cálculos con los cuales se ha generado la evaluación de la representatividad: nombre de especie arbórea, cantidad de áreas protegidas en donde se presentaría al menos un registro de cada especie, superficie remanente de su distribución potencial (sin usos de suelo antrópicos y cuerpos de agua), superficie protegida de cada especie arbórea, y el correspondiente índice de representatividad (Ver Tabla N°9).

Especie Arbórea	Escenarios	Cantidad de AP	Sup. distribución potencial (km ²)	Superficie protegida (km ²)	Índice de Representatividad	Meta de conservación alcanzar
01. <i>A. araucana</i>	Escenario 1	20	18357.59	4516.49	24.60	50 (EN)
	Escenario 2	20	16448.16	3935.34	23.93	50 (EN)
02. <i>A. chilensis</i>	Escenario 1	51	65267.51	9226.96	14.14	15 (NT)
	Escenario 2	54	69410.48	9354.14	13.48	15 (NT)
03. <i>B. globosa</i>	Escenario 1	82	149884.56	27218.47	18.16	10
	Escenario 2	88	126783.55	19571	15.44	10
04. <i>D. diacanthoides</i>	Escenario 1	50	76242.59	12262.77	16.08	10
	Escenario 2	48	72681.87	6618.34	9.11	10
05. <i>D. winteri</i>	Escenario 1	117	234795.78	38920.25	16.58	10
	Escenario 2	102	189319.89	24221.06	12.79	10
06. <i>E. coccineum</i>	Escenario 1	72	131750.26	33164.2	25.17	10
	Escenario 2	56	110945.42	26943.82	24.29	10
07. <i>F. cupressoides</i>	Escenario 1	38	54678.74	14338.81	26.22	50 (EN)
	Escenario 2	26	40375.42	12320.05	30.51	50 (EN)
08. <i>L. philippiana</i>	Escenario 1	57	117882.25	25896.44	21.97	10
	Escenario 2	50	94196.36	19824.3	21.05	10
09. <i>L. ferruginea</i>	Escenario 1	51	105329.01	31268.12	29.69	10
	Escenario 2	39	68125.46	15338.3	22.51	10
10. <i>L. hirsuta</i>	Escenario 1	67	125326.57	12547.38	10.01	10
	Escenario 2	59	109323.57	6598.83	6.04	10
11. <i>L. apiculata</i>	Escenario 1	67	108975.31	14127.85	12.96	10
	Escenario 2	64	96662.06	8612.56	8.91	10
12. <i>M. magellanica</i>	Escenario 1	67	167473.7	52969.79	31.63	10
	Escenario 2	71	195725.15	77170.74	39.43	10
13. <i>M. exsucca</i>	Escenario 1	73	119057.79	11951.33	10.04	10
	Escenario 2	64	103536.9	6085.45	5.88	10
14. <i>N. alpina</i>	Escenario 1	37	58980.61	6324.38	10.72	15 (NT)
	Escenario 2	33	57224.89	5420.78	9.47	15 (NT)
15. <i>N. antarctica</i>	Escenario 1	78	143209.03	36299.07	25.35	10
	Escenario 2	77	141650.23	35637.34	25.16	10
16. <i>N. betuloides</i>	Escenario 1	60	143215.23	57179.93	39.93	10
	Escenario 2	59	149864.61	77118.1	51.46	10
17. <i>N. dombeyi</i>	Escenario 1	50	101163.59	22211.85	21.96	10
	Escenario 2	48	92036.52	19610.19	21.31	10
18. <i>N. obliqua</i>	Escenario 1	41	76442.71	6382.77	8.35	10
	Escenario 2	35	68771.78	4241.97	6.17	10
19. <i>N. pumilio</i>	Escenario 1	67	149302.9	34632.68	23.20	10
	Escenario 2	61	127475.13	31500.5	24.71	10
20. <i>P. uviferum</i>	Escenario 1	52	105621.23	45937.72	43.49	25 (VU)
	Escenario 2	48	115076.35	49289.8	42.83	25 (VU)
21. <i>R. laetevirens</i>	Escenario 1	73	133660.12	35858.71	26.83	10
	Escenario 2	60	105011.69	25460.3	24.25	10
22. <i>S. conspicua</i>	Escenario 1	33	63118.51	17607.49	27.90	15 (NT)
	Escenario 2	36	77609.33	20322.27	26.19	15 (NT)
23. <i>W. trichosperma</i>	Escenario 1	47	93922.88	22237.75	23.68	10
	Escenario 2	47	88047.14	21183.77	24.06	10

Tabla N° 9: Evaluación de representatividad de las 23 especies arbóreas consideradas en la presente investigación. En rojo se destacan los índices de representatividad de las especies arbóreas, que se encontrarían por debajo de la meta de conservación, según porcentajes presentados en la columna derecha (SQUEO *et al.*, 2010). Especies: EN= En Peligro; VU= Vulnerable; NT= Casi Amenazada (Según UICN). Fuente: elaboración propia.

4.3.2 Análisis de representatividad de las especies arbóreas en las áreas protegidas de Chile

i. Relación entre la superficie de distribución potencial de las especies arbóreas, y la cantidad de áreas protegidas en las que se encuentran

La cantidad de áreas protegidas oficiales chilenas en donde se estima la distribución potencial de al menos 1 especie arbórea, dentro de las 23 especies consideradas, es de 125 (Ver Figura N°42), lo que corresponde a un 69.4% del total de áreas protegidas oficiales de Chile (180, según la WDPA), ordenadas de la siguiente manera según figura de protección (Ver Figura N°43). En la cartografía, se destaca la gran presencia de las áreas protegidas consideradas, en el sector austral del territorio chileno, además de su ubicación principalmente en la cordillera de los Andes.

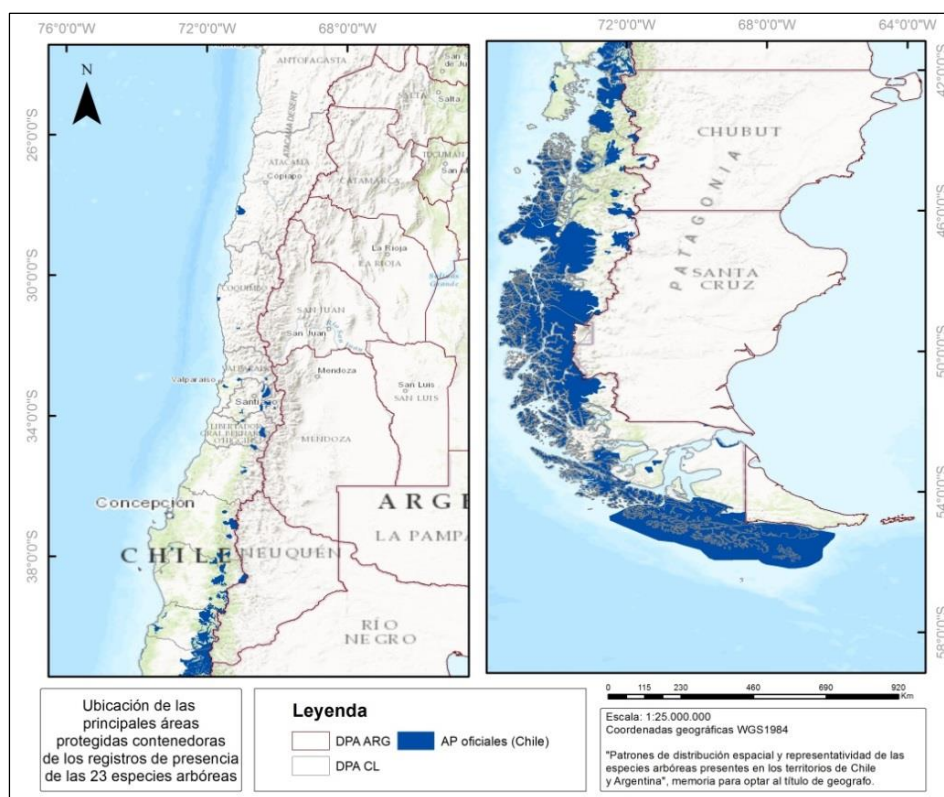


Figura N° 42: Cartografía de las Áreas Protegidas en Chile, que cuentan con al menos un registro de presencia, de las 23 especies arbóreas consideradas. Fuente: elaboración propia, en base a WDPA (<http://www.protectedplanet.net/>).

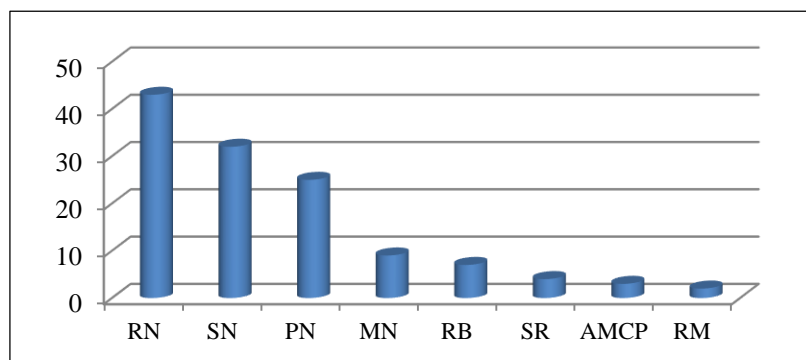


Figura N° 43: Gráfico que muestra la cantidad de Áreas Protegidas (según cada figura de protección en Chile), que cuentan con al menos un registro de presencia, de las 23 especies arbóreas consideradas. Descripción: RN= Reserva Nacional, SN= Santuario de la Naturaleza, PN= Parque Nacional, MN= Monumento Natural, RB= Reserva de la Biósfera, SR: Sitio Ramsar, AMCP= Área Marina Costera Protegida, y RM= Reserva Marina. Fuente: elaboración propia.

Si se destacan las áreas protegidas por regiones administrativas, como ya se ha mencionado, se distingue una clara predominancia en las regiones del sur de Chile, en las regiones de: Aysén (20), Los Lagos (14), y la Araucanía (14); mientras los menores registros se dan en las regiones de O'Higgins (6), y Coquimbo (4). Si se destacan las ecorregiones, se puede percibir una clara predominancia de los Bosques Templados Valdivianos, que cuentan con 80 áreas protegidas (64%), posteriormente el Matorral Chileno (20.8%), y finalmente, los Bosques Subpolares Magallánicos (15.2%). Por otra parte, se puede destacar que la totalidad de las especies arbóreas consideradas, se presentan al menos en 20 áreas protegidas oficiales, siendo la araucaria la que se presenta en menor cantidad (20); mientras que la especie que en mayor cantidad se presenta en las áreas protegidas de Chile, sería el canelo (117) (Ver Tabla N°9). Se puede establecer una correlación importante, directa ($r = 0.934$ y 0.858 , en los escenarios 1 y 2 respectivamente), entre la cantidad de áreas protegidas en donde está presente una determinada especie y la extensión de su área de distribución.

ii. Índices de representatividad de las especies arbóreas consideradas y deficiencias en la conservación

En la columna derecha de la Tabla N°9, se destaca el índice de representatividad de cada una de las especies arbóreas. Estos índices son clasificados en los dos escenarios de evaluación, ya descritos anteriormente. Se reitera brevemente la fórmula del índice de representatividad, indicada en el marco metodológico de la presente investigación:

$$\text{Índice de Representatividad} = \frac{\text{Superficie de la distribución potencial remanente protegida} * 100}{\text{Superficie de la distribución potencial remanente total}}$$

En base a lo anterior, se puede destacar una gran diferencia en los índices de representatividad en ambos escenarios de evaluación, en donde existe una predominancia

de mayores índices de representatividad (mayor protección) en el escenario N°1, en 18 especies arbóreas, en desmedro del escenario N°2, que se realiza con modelos de distribución de especies sólo con registros de presencia en Chile. Por lo tanto, son sólo 5 las especies arbóreas que presentan mayores índices de representatividad en este último escenario: *Fitzroya cupressoides*, *Maytenus magellanica*, *Nothofagus betuloides*, *Nothofagus pumilio* y *Weinmannia trichosperma*. Esto demuestra que la eficacia de considerar los registros de presencia en ambos países, al igual que en el anterior resultado, también se ve reflejada en una evaluación de la representatividad, pues es en el escenario N°1, en donde predominan los mayores índices (mayor protección).

En cuanto al “análisis de brecha”, existen ciertos porcentajes de protección, que las especies debieran alcanzar para que la meta de conservación se cumpla eficazmente (SQUEO *et al.* 2010). Los autores destacan que cualquiera sea el objeto de conservación, la meta debería alcanzar el 10%, aunque esto cambiaría si el objeto de conservación se encuentra en alguna categoría de conservación bajo amenaza (según UICN), o “Casi Amenazada”. Por lo tanto, si alguna especie se encuentra “Casi Amenazada”, la meta de conservación debería alcanzar el 15%, si se encuentra “Vulnerable”, debería alcanzar el 25%, y finalmente, si se encuentra “En Peligro”, debería alcanzar el 50%. Bajo esta condicionante, cabe destacar que son 6 las especies arbóreas que caen dentro de alguna de las categorías antes mencionadas (según UICN), del total de las especies arbóreas consideradas en la presente investigación:

- a. Casi Amenazada: *Austrocedrus chilensis* (ciprés de la Cordillera), *Nothofagus alpina* (Raulí) y *Saxegothaea conspicua* (mañío de hojas cortas).
- b. Vulnerable: *Pilgerodendron uviferum* (ciprés de las Guaitecas).
- c. En Peligro: *Araucaria araucana* (araucaria) y *Fitzroya cupressoides* (alerce).

Por lo tanto, los diversos índices de representatividad, que están divididos en ambos escenarios de evaluación mencionados, se pueden clasificar en dos contextos, es decir, las especies arbóreas que estén 1) por debajo, o 2) sobre la meta de conservación, según SQUEO *et al.*, (2010). Se presentan las principales características de ambos escenarios, con el fin de reafirmar la idea de que el escenario N°1, cumpliría de mejor manera las metas de conservación:

1. Escenario N°1, en base a modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países

En este escenario, son 18 las especies arbóreas que se encontrarían por sobre la meta de conservación, dentro de las cuales el radial (*Lomatia hirsuta*) y la petra (*Myrceugenia exsucca*), se encontrarían levemente por sobre el límite del 10%, puesto que presentan un índice de representatividad de 10.01% y 10.04%, respectivamente. Por otra parte, serían 5 las especies que se encontrarían por debajo de la meta de conservación (en rojo en la Tabla

Nº9), de las cuales sólo 1 no estaría dentro de una categoría de amenaza (es decir, sólo necesitaría alcanzar el 10% de protección), el roble (*Nothofagus obliqua*), el cual presenta un índice de 8.35%. De las 4 especies arbóreas que estarían dentro de una categoría de amenaza, dos caerían en la clasificación “Casi Amenazada” (es decir, necesitarían el 15% de protección): el ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), con un 14.14%, y el raulí (*Nothofagus alpina*), con un 10.72%; y dos caerían en la clasificación “En Peligro” (es decir, necesitarían el 50% de protección): la araucaria (*Araucaria araucana*), con un 24.6%, y el alerce (*Fitzroya cupressoides*), con un 26.22%.

2. Escenario Nº2, en base a modelos de distribución de especies elaborados sólo con registros de presencia en Chile

En este escenario, son sólo 14 las especies arbóreas que se encontrarían por sobre la meta de conservación. Por otra parte, en el presente escenario serían 9 las especies que se encontrarían por debajo de la meta de conservación, de las cuales 5 no caerían bajo la categoría de amenaza (<10%), el palo santo (*Dasyphyllum diacanthoides*), con un 9.11%, el radial (*Lomatia hirsuta*), con un 6.04%, el arrayán (*Luma apiculata*), con un 8.91%, la petra (*Myrceugenia exsucca*), con un 5.88%, y el roble (*Nothofagus obliqua*), con un 6.17%. Además, se daría el mismo patrón que en el escenario Nº1, ya que de las 4 especies arbóreas que estarían bajo la categoría de amenaza, dos caerían en la clasificación “Casi Amenazada” (<15%): el ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), con un 13.48%, y el raulí (*Nothofagus alpina*), con un 9.47%; y dos caerían en la clasificación “En Peligro” (<50%): la araucaria (*Araucaria araucana*), con un 23.93%, y el alerce (*Fitzroya cupressoides*), con un 30.51%.

En base a lo anterior, se puede comprobar que el escenario Nº1 presentaría mayores índices de representatividad, en desmedro del escenario Nº2, el cual agregaría 4 especies arbóreas al listado de las especies por debajo de la meta de conservación. Finalmente, y como se puede apreciar en el Anexo Nº14, cabe destacar que se podría establecer una relación entre las especies arbóreas que se encuentran por debajo de la meta de conservación en el escenario Nº2, con las especies arbóreas que presentan una menor extensión latitudinal, lo que se daría sólo en las primeras cinco especies: alerce, palo santo, raulí, roble y alerce.

4.3.3 Riqueza de especies: medición de la cantidad de especies arbóreas en las áreas protegidas oficiales de Chile

Se elabora un ranking con las áreas protegidas oficiales de ambos países (Ver Anexo Nº15), en donde se destacan las primeras 25 áreas protegidas, en donde mayor cantidad de especies arbóreas se presentan. A nivel ecorregional, sólo el Monumento Natural Cerro Nielol (22°), que presenta 20 de las 23 especies arbóreas consideradas, se presenta en el “Matorral Chileno”, ya que las 24 áreas protegidas restantes, se encuentran localizadas en

la ecorregión que presenta la mayor cantidad de registros de presencia, los “Bosques Templados Valdivianos”. En base a una división político-administrativa, de las 25 primeras áreas protegidas, 1 se encuentra en la VIII Región, 12 en la IX Región, 6 en la XIV Región, 5 en la X Región, y 1 en la XI Región, lo que estaría directamente relacionado con los patrones de riqueza de la flora vascular chilena. Estas 25 áreas protegidas, que demuestran la riqueza de las especies arbóreas consideradas en la presente investigación, concuerdan con el rango de riqueza planteado por otros autores como BANNISTER *et al.* (2011), en el que identifican la zona situada entre los 31°S y 42°S como la más rica, con un valor máximo en el paralelo 37°S. La información presentada a continuación da cuenta de los patrones latitudinales de riqueza de las 23 especies arbóreas consideradas (Ver Figura N°44), que coincide con lo planteado por los autores antes mencionados.

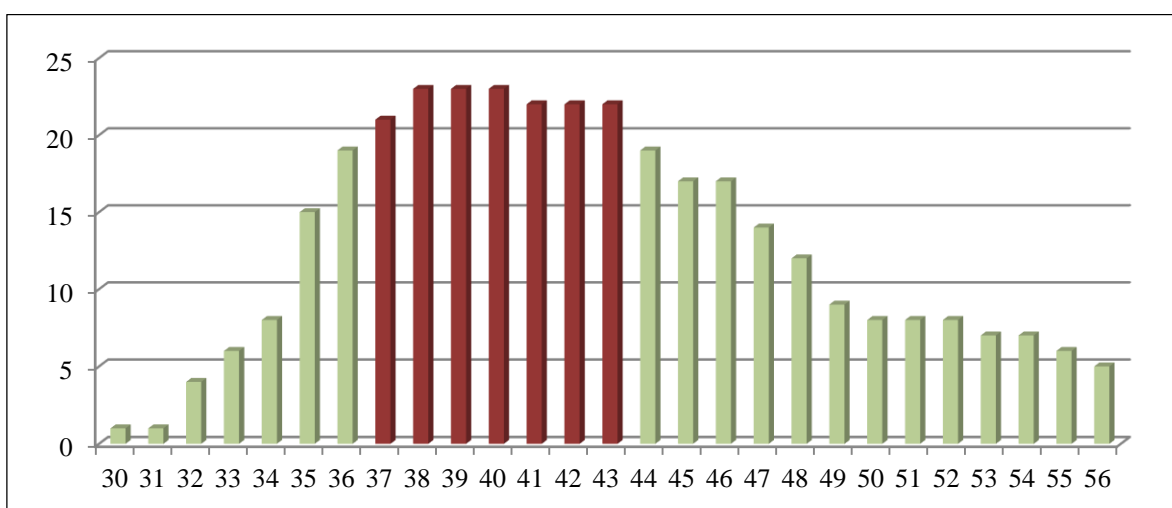


Figura N° 44: Riqueza de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina, medida latitudinalmente. En el eje vertical se muestra el número de especies, y en el eje horizontal los paralelos del territorio nacional. En la figura se destacan, en marrón, los paralelos que contienen por sobre 20 de la totalidad de especies arbóreas (23). Fuente: elaboración propia.

Finalmente, cabe destacar la importancia de las Reservas de la Biósfera, como contenedoras de una gran riqueza de especies, representadas en las primeras dos áreas protegidas: Araucarias y Bosques Templados Lluviosos, estando esta última presente en dos regiones político-administrativas en Chile (X y XIV). También se destaca el hecho de que las áreas protegidas consideradas no sólo se encuentran en la cordillera andina, sino que poseen algunas representantes en la cordillera de la Costa y en las planicies litorales, como lo son los Parques Nacionales Nahuelbuta y Alerce Costero, y los Santuarios de la Naturaleza Río Cruces y Chorocomayo, y Carlos Anwandter, este último también enlistado como un Sitio Ramsar, es decir, un humedal de importancia internacional. Estas áreas protegidas costeras en una distribución restringida, coinciden con antecedentes palinológicos y geológicos que muestran que esta área, especialmente la Cordillera de Nahuelbuta (37°-39°S), fue menos afectada en el pasado por los procesos periglaciales, manteniendo los suelos preglaciares y la cubierta vegetal (VEIT & GARLEFF, 1995; en VILLAGRÁN & HINOJOSA, 2005).

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

5.1 Discusiones

5.1.1 Sobre la base de datos actualizada de las especies arbóreas de Chile y Argentina

Poseer una base de datos robusta y actualizada de registros de presencia es el primer paso para generar modelos de distribución de especies, y como fue destacado anteriormente, se debe tener mucho cuidado con utilizar: a) información de bases estandarizadas, ya que suelen poseer criterios mínimos de revisión, lo que genera tanto errores de tipo taxonómico (correcta identificación) como también geográficos (errores en la localización) (NEWBOLD, 2010, en PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011a); y b) información recogida en colecciones de historia natural, ya sean museos o herbarios, ya que estos además de los inconvenientes mencionados, generalmente cuentan sólo con datos de presencia y no de ausencia, y también debido a que estos son colectados con diversos fines y por diferentes recolectores, sin una estrategia común de muestreo, obteniéndose de este modo una representación sesgada de la distribución de las especies (MATEO *et al.*, 2011).

La presente investigación ha incorporado registros de presencia de herbarios tanto nacionales (SGO, UdeC) como internacionales (Museo de la Plata), a los cuales se les agregaron registros desde la plataforma mundial GBIF, con el fin de confirmar la hipótesis planteada. Estos últimos registros fueron revisados, según lo sugerido por MATEO *et al.*, (2012), eliminando los errores groseros en las coordenadas geográficas, que eran detectados al comprobar la distribución conocida de las especies en la página web de la Flora del Cono Sur del Instituto Botánico Darwinion (ZULOAGA *et al.*, 2008), aunque cabe duda de si una revisión mucho más detallada de estos registros digitales podría haber sido llevada a cabo. Esta discusión es clave al determinar los primeros posibles errores en cuanto al modelado de distribución de especies. A pesar de esto último, MATEO *et al.*, (2011) concluyen que el factor realmente limitante para obtener modelos fiables es el número mínimo de registros de presencia con los que se generan los modelos de distribución.

En base a lo anterior, y debido a que la mínima cantidad de registros de presencia que se utilizó para el modelado de distribución de especies fue establecida en 20, no fue posible modelar una gran cantidad de especies arbóreas, que pudieron haber sido modeladas de haber contado con mayores fuentes de información. Si bien la presente investigación estuvo acotada a un tiempo de trabajo, y a fuentes de información delimitados con anterioridad, es recomendable obtener la mayor cantidad de registros de presencia para poder modelar una amplia gama de distribución, en este caso, de especies arbóreas nativas, que poseen una distribución conocida en diversas ecorregiones (que traspasan límites político-administrativos), con el fin de incorporar zonas geográficas en donde realmente se encuentre la especie. Para esto, y dependiendo de la escala, cuando existe la posibilidad de

levantar información de la presencia del organismo que se quiere modelar, es necesario fijar una correcta estrategia de muestreo, ya que la definición de cómo levantar los datos tiene un efecto directo en el desempeño final del modelo (MATEO *et al.*, 2011); siendo imprescindible que la información de partida esté homogéneamente repartida a lo largo de todo el gradiente geográfico-ambiental del territorio analizado, de manera que el modelo interpole los nuevos valores a partir de los disponibles, y así no existan errores en la extrapolación de las predicciones (ARANDA & LOBO, 2009). Un ejemplo de un error característico es el sesgo geográfico, en donde los modelos tenderán a sobreestimar el área de distribución en base a la concentración de las especies en alguna zona que contenga mayor información biológica.

Para la presente investigación, cabe destacar, que la diferencia en la cantidad de registros de presencia entre ambos países es muy alta, con un promedio de 169 registros para el territorio chileno, y de 41 registros para el territorio argentino. Esta gran diferencia sería una de las principales causas de la variedad en los modelos de distribución de especies, debido a la dependencia conocida que tienen estos a los registros de presencia, lo que se verá más detalladamente en la siguiente discusión.

5.1.2 Sobre los modelos de distribución de especies, y la precisión o limitación de los resultados

Siguiendo con la discusión en base a la diferencia de los registros de presencia según cada caso modelado, se pueden destacar dos grandes relaciones que afirmarían la dependencia de los modelos hacia la cantidad de registros.

a) Entre la cantidad de registros de presencia y el valor del umbral de corte de cada modelo, que indica desde donde comienza a considerarse la probabilidad de presencia: en la mayoría de los casos, a menor cantidad de registros de presencia, menor fue el valor del umbral de corte, y por lo tanto, mayor fue la distribución potencial considerada, lo que generó muchas veces una sobre-predicción de la presencia de las especies, lo que por ejemplo, ocurrió en gran parte de los modelos basados en registros en territorio argentino, debido a que incorporaron ampliamente tanto su territorio, como el nacional, sobrepasando los límites conocidos de las especies. La sobre-predicción se encuentra directamente relacionada con los errores de comisión (ARANDA & LOBO, 2009), que son los casos erróneamente clasificados, que son falsos positivos, cuando el modelo predice presencia y la muestra indica ausencia. Este es un error del que no se puede estar seguro si no hay validación de campo; pero no es tan criticable, ya que al fin y al cabo predecir presencias en donde no se sabe con certeza si vive un organismo es el objetivo de hacer modelos (MATEO *et al.*, 2011). Sin embargo, cabe destacar que los modelos elaborados con los registros de presencia en ambos países, tendieron a presentar un valor del umbral de corte, cercano al valor del umbral de corte presente en el país que contuvo una mayor cantidad de

registros de presencia, que generalmente fue el territorio chileno. Por ejemplo, y contrariamente, en el caso del matico (*Buddleja globosa*), que presentó en Argentina una mayor cantidad de registros (50), y un valor del umbral de corte de 0.16, en desmedro de la especie en Chile, donde presentó menores registros (35), y un valor del umbral de corte de 0.36; en el modelo final presentó un valor del umbral de corte de 0.2, es decir, más cercano al presentado en territorio argentino, que ostentaba 15 registros más que en Chile.

b) Entre la cantidad de registros de presencia y el orden de la contribución porcentual de las variables bioclimáticas al modelo final: en la mayoría de los casos, el país que contó con una mayor cantidad de registros de presencia de alguna especie arbórea, fue el que presentó las variables bioclimáticas más contribuyentes hacia el modelo final, en desmedro del país que contó con menores registros, puesto que sus variables bioclimáticas, y la contribución de estas al modelo, no fueron importantes para el resultado final.

En función de ambas relaciones hechas anteriormente, se puede destacar que los modelos de distribución de especies en territorio argentino, en la mayoría de los casos, fueron “subvalorados” en relación con el modelo final, lo que se reflejó en el hecho de que estos presentaron zonas geográficas con una alta probabilidad de presencia de algunas especies arbóreas, que generalmente en el modelo final se consideraban como zonas con una probabilidad de presencia media o media-baja, debido a la dependencia del resultado final al país con mayor cantidad de registros, que generalmente fue el territorio chileno; lo que también generó algunos valores infrecuentes hacia los límites norte-sur de las distribuciones conocidas de las especies. A pesar de la disparidad existente con respecto a los registros de presencia, no se evitaría la comprobación de la hipótesis planteada en un principio, lo que se destacará posteriormente en las conclusiones.

Para realizar análisis más completos de la distribución de las especies, la variable biótica se hace muy relevante, pero como se explicó anteriormente, es demasiado difícil incorporar a una escala tan grande de análisis, siendo las variables bioclimáticas (abióticas), a escala de 1 km, las principales limitantes de la distribución de las especies arbóreas consideradas. La variable bioclimática más influyente en la delimitación de la distribución de las especies arbóreas en ambos países fue la temperatura media del trimestre más húmedo (bio8), ya que fue la variable que más contribuyó, porcentualmente, a los modelos finales. Si bien en Argentina, se replica esta variable como la más importante, seguida por la precipitación del trimestre más seco (bio17); en Chile, la temperatura media del trimestre más húmedo ocuparía el segundo lugar de importancia, siendo desplazada por la precipitación anual (bio12), como la variable bioclimática que más contribuye porcentualmente al modelo, y que en el modelo final ocupa el segundo lugar en contribución. Si bien este orden de contribución no destaca la importancia que se le daría a los registros de presencia en territorio chileno, cabe destacar que el 90% de las especies arbóreas en el modelo final, presentaría la misma variable bioclimática (en el 1^{er} lugar de contribución), que mayor

contribuye al modelo en territorio chileno. La importancia de la precipitación anual en la vertiente occidental de los Andes se ve reflejada en la entrada de los vientos del oeste desde el SO, promoviendo un período regular e intenso de lluvias con una influencia máxima en torno a los 47°S (LUEBERT & PLISCOFF, 2006), que debido al efecto de sombra de lluvia andina, no pasaría a ser tan importante en la vertiente oriental andina, dentro del territorio argentino.

Maxent es una de las técnicas de modelado, que se ha destacado continuamente en la mayoría de los estudios biogeográficos como la técnica con mayor éxito al momento de modelar la distribución de las especies (ELITH *et al.*, 2006), lo que conlleva a que la evaluación de los modelos realizados en la presente investigación presente resultados estadísticos altamente válidos, y muy precisos, hasta incluso en las tres especies arbóreas que presentan registros cercanos al límite mínimo de presencias (30); aunque estas presentarían una mayor sobrepredicción que el resto de las especies arbóreas. Si bien la calibración del modelo es específica para la presente investigación, considerando una regla de umbral bastante “conservadora”, la cual considera el 90% de los registros de presencia con probabilidad más alta para cada caso, esta podría o no replicarse en otros estudios, dependiendo del objetivo de la investigación. Es recomendable que la calibración del modelo se encuentre directamente relacionada con el objetivo general planteado, pudiendo existir diversos cambios, por ejemplo, agregando además registros de ausencias, considerando mayor cantidad de registros de presencia, estableciendo una regla de umbral acorde al objetivo planteado (tal vez no tan restrictiva, y si más liberal), y/o considerando una ensamble de técnicas, que podrían verificar los resultados mediante un modelo integral de consenso, en vez de limitarse a escoger sólo una técnica de modelado.

Los modelos de distribución de especies, como se revisó en el Capítulo II, poseen diversas limitaciones, que no han estado ausentes en la presente investigación:

a) Un primer desajuste se pudo haber dado en la escala de análisis, si se hubiese restringido el área de estudio a una división político-administrativa, lo que no sucedió debido a considerarse el rango total de distribución de cada una de las especies arbóreas en ambos países. Este factor escalar también condicionó la elección de las variables ambientales con las cuales se elaboraron los modelos. En la presente investigación se eligieron variables bioclimáticas a una gran escala (1 km), ya que la topografía (menor escala), no tiene ningún poder predictivo en dicha resolución gruesa.

b) Si bien se recalcaron generalidades de los factores pasados que influyeron a gran escala en la distribución actual de las especies arbóreas de los bosques del sur de Sudamérica (separación del continente gondwánico, conformación de la Diagonal Árida de Sudamérica, glaciaciones del Pleistoceno), los modelos elaborados corresponden a un estado estático y actual de la distribución, lo que claramente condiciona el análisis temporal.

c) En la elaboración de los modelos, no se toma en cuenta la relación espacial existente entre los registros de presencia, ya que las coordenadas de cada presencia se utilizan exclusivamente para extraer los valores de las variables bioclimáticas en ese punto, sin considerar lo que sucede a su alrededor (MATEO *et al.*, 2011). Debido a esta forma de generar los modelos es frecuente encontrar zonas potenciales separadas por amplias barreras climáticas cuando, en realidad, la especie está presente solamente en una de esas zonas y la otra podría considerarse aislada e inaccesible; lo que sin duda puede suceder en los casos planteados en la presente investigación, que trabaja en límites fronterizos.

d) En la construcción de estos modelos se asume que la especie o formación, está en equilibrio o pseudo-equilibrio con las condiciones ambientales actuales (ARAÚJO & PEARSON, 2005). Por lo tanto, tener en cuenta un estado de equilibrio o pseudo-equilibrio es un supuesto necesario para los fines de modelación de distribución a gran escala, en donde se posee la ventaja de que no es necesario ningún conocimiento detallado de la fisiología y el comportamiento de las especies implicadas (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000).

e) A pesar de que se ha recalcado que debido a la escala de análisis las relaciones bióticas no son tomadas en cuenta en este trabajo de investigación, estas son muy importantes para la distribución de las especies. Por ejemplo, un proceso complejo como la competencia interespecífica puede ocasionar que las especies no ocupen más que una parte del área de distribución potencial (PEARSON & DAWSON, 2003; en MATEO *et al.*, 2012).

Existen diversas soluciones que se pueden plantear para combatir algunas de estas limitaciones, especialmente en los casos b) y c), correspondientes a la ausencia de las componentes temporal y espacial en el análisis de la distribución. En el caso de b) es recomendable considerar los factores históricos como eventos geológicos, antropogénicos o climáticos que hayan sucedido en el pasado, para así elaborar modelos de distribución de especies actuales más completos, que tengan en cuenta la historia evolutiva del organismo modelado. Sumado a esto, no cabe duda que el modelado a futuro debe ser uno de los objetivos principales a continuación, debido a que se vaticinan complicados escenarios ambientales; puesto que incluso la mitigación más estricta de las causas del cambio climático, no evitaría impactos radicales sobre la biodiversidad en las próximas décadas (IPCC, 2007). Por otra parte, para el caso de c), es recomendable eliminar *a posteriori* áreas que son incompatibles, debido a barreras físicas que hacen imposible la dispersión, o sustratos sobre los que no puede desarrollarse una especie; el poder considerar factores de dispersión y modelar la migración de las especies (MATEO *et al.*, 2011).

5.1.3 Sobre la representatividad de las especies en las áreas protegidas oficiales de Chile

El modelado de distribución de especies es una excelente herramienta para poder evaluar el grado de protección de las especies arbóreas en las áreas protegidas, lo que fue realizado en

la presente investigación, comparando dos escenarios de análisis, que corresponden a dos de los modelos de distribución de especies que consideran los registros de presencia en Chile. Tras calcular los índices de representatividad de la totalidad de las especies arbóreas, 18 de estas estarían mejor representadas en el escenario N°1, elaborado en base a modelos de distribución con registros en Chile y Argentina, mientras que solamente cinco de estas estarían mejor representadas en el escenario N°2, elaborado en base a modelos de distribución sólo con registros en Chile.

En base a lo anterior, se clasificaron las especies arbóreas con respecto a diversas metas de conservación. Si bien no existe una clasificación estandarizada de las metas de conservación a nivel de especies, se tomaron los porcentajes establecidos por SQUEO *et al.*, (2010), los cuales consideran diversos límites en relación con la categoría de conservación que posean las especies, según la UICN. Se descubrieron ciertas especies arbóreas que estarían por debajo de las metas de conservación, 5 en el escenario N°1, y 9 en el escenario N°2, lo que vuelve a destacar la mayor representación en el escenario N°1, que considera los modelos de distribución de especies, con registros en ambos países estudiados. La mayoría de estas especies, que en el presente informe presentan deficiencias en la conservación, concuerdan con los resultados propuestos por ALARCÓN & CAVIERES (2015), quienes realizan una evaluación de la representatividad de las especies vegetales del bosque lluvioso templado del sur de Sudamérica en términos de tamaño de hábitat, en la cual *Austrocedrus chilensis*, *Lomatia hirsuta*, *Luma apiculata*, *Myrceugenia exsucca*, *Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua*, presentarían menos del 10% de protección en la red de áreas protegidas chilenas. Si bien estos autores trabajaron, además, con *Araucaria araucana* y *Fitzroya cupressoides*, en donde presentaron un grado de protección sobre el 10%; para la presente investigación se considera el límite propuesto por SQUEO *et al.*, (2010), del 50% para especies “En Peligro”, según la UICN, lo que hace que sean consideradas por debajo de la meta de conservación.

El uso de modelos de distribución de especies, como herramientas para la priorización espacial es un nuevo tema de investigación dentro del marco de planificación sistemática de la conservación. Actualmente las figuras de protección del SNASPE cubren más del 18% de la superficie del territorio nacional (ALARCÓN & CAVIERES, 2015), aunque existen importantes limitaciones en cuanto a la distribución de estas áreas protegidas a lo largo del país, ya que: menos del 5% de Chile Central y Norte Chico está bajo protección (ARROYO & CAVIERES, 1997, SQUEO *et al.*, 2001, en MYERS *et al.*, 2000), zona correspondiente al *hotspot* de biodiversidad chileno; aproximadamente el 90% de las áreas protegidas en Chile se encuentran localizadas al sur del paralelo 43°S, es decir, fuera de la mayor zona rica en biodiversidad del país (BANNISTER *et al.*, 2011; PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b; ALARCÓN & CAVIERES, 2015), o también mayoritariamente localizadas en la cordillera de los Andes, por sobre los 600 msnm (HECHENLEITNER *et al.*, 2005). Según SQUEO *et al.*, (2012), esta incongruencia espacial es el resultado de los criterios históricos de selección de áreas protegidas, que se ven reflejadas, o por

consideraciones económicas y políticas, en vez de basarse en la diversidad biológica o ecológica.

Actualmente, se está tramitando el Proyecto de Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, que permitiría la inclusión de áreas protegidas de propiedad privada en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y la regulación para desarrollar los planes de manejo respectivos. Según los trabajos tanto de PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO (2011b), SQUEO *et al.*, (2012) como de ALARCÓN & CAVIERES (2015), se aumentaría el grado de protección de las especies, a través de la Red de Áreas Protegidas Privadas, aunque tomando en consideración el objetivo de conservación que estas persigan. El Ministerio de Medio Ambiente (2015) ha identificado un total de 246 Iniciativas de Conservación Privada (ICP) distribuidas a lo largo de Chile, sumando una superficie total de 1258120 hectáreas, equivalente a casi un 7.6% de las áreas protegidas de Chile o el 1.7% del territorio nacional. Estas, al igual que las áreas protegidas públicas, se concentran en el sur del país, e incorporan importantes iniciativas de conservación de pueblos originarios (MMA, 2015).

Si bien la distribución potencial futura no fue modelada en la presente investigación, es recomendable realizar este ejercicio con el fin de conocer cómo esta distribución puede ir variando en relación con los distintos escenarios climáticos futuros, y así generar una nueva evaluación de la representatividad, que permita a los planificadores de la conservación tomar las mejores decisiones, por ejemplo, en la localización de nuevos sitios prioritarios de conservación, que puedan asegurar una conservación de la biodiversidad a largo plazo, adelantándose así a los efectos que podría causar el cambio climático. Junto a estas medidas, es necesario contar con un enfoque multi-escalar espacio-temporal para enfrentar la evaluación de la representatividad, ya que este ofrece la oportunidad de afinar la configuración espacial de la meta de diversidad biológica principal (por ejemplo, ecosistemas) mediante el uso de la información a escalas más pequeñas (por ejemplo, hábitats, comunidades biológicas, servicios ecosistémicos, especies amenazadas) (SQUEO *et al.*, 2012); además de contar con estrategias alternativas, por ejemplo, de educación ambiental a través del turismo, conservación de los distintos hábitats mediante el uso sustentable de los recursos, restricción de pastoreo para el ganado de las comunidades cercanas, control de especies exóticas, creación de zonas de transición en los alrededores de las áreas protegidas, y el establecimiento de límites máximos de visitantes dentro de las reservas (ALARCÓN & CAVIERES, 2015), con el fin de que la planificación sistemática de la conservación sea interdisciplinaria e integral.

5.2 Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas de los resultados de la presente investigación son las siguientes, las cuales van en concordancia con la hipótesis planteada anteriormente:

1) Para la obtención del rango total de distribución de las especies arbóreas fue necesario considerar la mayor cantidad de registros de presencia. Por lo tanto, la incorporación de los registros tanto del Herbario del Museo de La Plata como de la base de datos global GBIF, que dieron cuenta de los registros de presencia en territorio argentino, ha sido una herramienta clave, muy útil e indispensable al momento de modelar la distribución de las especies arbóreas, que sobrepasan los límites político-administrativos, presentándose incluso en distintas ecorregiones de Chile y Argentina. Es recomendable obtener una mayor cantidad de registros de diversas fuentes de información internacionales, con el fin de que puedan ser modeladas las especies arbóreas, que no cumplieron la mínima cantidad de registros de presencia, y también para que pueda existir un equilibrio entre los registros de presencia de ambos países, y así no exista un sesgo al modelar. Se recomienda recurrir a la base de datos del Instituto Botánico Darwinion, pues así aumentarían los registros de presencia de las especies arbóreas en territorio argentino.

2) A pesar de la disparidad en los registros de presencia en ambos países, los modelos de distribución de especies, elaborados a partir de registros de presencia tanto en territorio chileno como argentino en conjunto, reflejan de una manera más completa el nicho ecológico de las especies arbóreas, debido a que consideran: una mayor superficie de distribución potencial, acorde a los registros de presencia y a los rangos de tolerancia de las especies arbóreas a las variables bioclimáticas utilizadas; y debido a que consideran la distribución conocida de las especies en ambos países, no limitándose a una división político-administrativa del territorio. En la presente investigación, la falta de registros en territorio argentino es soslayada con la incorporación de los registros en territorio chileno, que “equilibraron la balanza” en cuanto a la distribución potencial final de cada una de las especies. Los modelos de distribución elaborados a partir de registros en Chile o Argentina, por separado, restringen la amplia distribución de las especies, que además se localizan en una o más ecorregiones del sur de Sudamérica.

3) Existe una gran diferencia entre los índices de representatividad generados para cada uno de los distintos escenarios, que apoyan la idea de que el modelado con registros de presencia en Chile y Argentina, debiese ser una de las fórmulas a seguir para una correcta evaluación de la protección de las especies, ya que consideraría zonas geográficas, muchas veces limítrofes, que con los modelos elaborados en base a registros de presencia solamente en Chile, no serían incorporadas. Esto recalca lo expuesto en el párrafo anterior, ya que se lograrían mejores resultados de representatividad en base a un escenario integral, que considere de una manera más completa la superficie de distribución potencial de las especies. Las especies arbóreas que se encuentran bajo la meta, debiesen ser prioridad en cuanto a la planificación sistemática de la conservación, debido a que la mayoría de estas

caen dentro de alguna de las categorías de especies amenazadas, según la UICN; por lo que es fundamental incluirlas en los esfuerzos de conservación para enfrentar las amenazas que las afectan (PAREDES-GARCÍA *et al.*, 2011). Cabe destacar, que tanto a nivel de ecosistemas (PLISCOFF & FUENTES-CASTILLO, 2011b) como a nivel de especies, se descubren deficiencias en la conservación, lo que también va de la mano con una mala planificación de la red de áreas protegidas, en relación a su localización, ya que esta se concentra en la parte austral del territorio chileno, en desmedro de zonas geográficas chilenas que se encuentran mayormente amenazadas, como es el Matorral Chileno, en la zona centro y centro-sur del país.

Finalmente, se recalca que la presente memoria comprueba la hipótesis planteada, la cual ayudaría al conocimiento científico relacionado con la biogeografía de la conservación, debido a ser una aproximación primeriza, pero innovadora, a lo que es el modelado de distribución de especies arbóreas que sobrepasan los límites político-administrativos, caracterizando la distribución potencial de las especies arbóreas en toda su gama de distribución. Es necesario aunar los esfuerzos de conservación entre los países que cuentan con especies que poseen una distribución interregional, con el fin de que se cumplan las metas de conservación a una escala más amplia de análisis, como son las ecorregiones. En este sentido, cobra importancia la priorización espacial en la planificación de la conservación, que permitirá que se generen áreas protegidas oficiales en ambos países, bajo una mirada a largo plazo, con el fin de conservar y preservar a las especies, considerando los diversos escenarios climáticos que se auguran para las próximas décadas.

BIBLIOGRAFÍA

ACKERLY, D.D., LOARIE, S.R., CORNWELL, W.K., WEISS, S.B., HAMILTON, H., BRANCIFORTE, R. et al. (2010) The geography of climate change: implications for conservation biogeography. *Diversity and Distributions*, 16, 476–487.

ALARCÓN, D. & CAVIERES L.A. (2015) In the Right Place at the Right Time: Habitat Representation in Protected Areas of South American *Nothofagus*-Dominated Plants after a Dispersal Constrained Climate Change Scenario. *Plos One*, 10(3).

ALLOUCHE, O., TSOAR, A. & KADMON, R. (2006) Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43, 1223-1232.

ARANDA, S.C. & LOBO, J.M. (2009) Una estimación de la capacidad predictiva de los modelos de distribución. En: Biogeografía: Scientia Biodiversitatis. Real, R., & Márquez, A.L. (eds.) Universidad de Málaga. pp. 155-163.

ARAÚJO, M.B. & PEARSON, R.G. (2005) Equilibrium of species' distributions with climate. *Ecography*, 28(5), 693-695.

ARMESTO, J.J, VILLAGRAN, C. & ARROYO, M.T.K. (1996) Ecología de los Bosques Nativos de Chile. *Editorial Universitaria*, Santiago de Chile, 71-99.

ARROYO, M.T.K., MARQUET, P., MARTICORENA, C., SIMONETTI, J., CAVIERES, L., SQUEO, F. et al. (2008) El *hotspot* chileno, prioridad mundial para la conservación. En CONAMA, Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos, Capítulo II: Nuestra Diversidad Biológica. 90-93.

BALDWIN, R.A. (2009) Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy*, 11, 854-866.

BANNISTER, J.R., VIDAL, O.J., TENEB, E. & SANDOVAL, V. (2011) Latitudinal patterns and regionalization of plant diversity along a 4270-km gradient in continental Chile. *Austral Ecology*, 37(4), 500-509.

BENITO DE PANDO, B. & PEÑAS DE GILES, J. (2007) Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica, *GeoFocus* (Artículos), 7, 100-119.

BROOKS, T., MITTERMEIER, R.A., DA FONSECA, G.A.B., GERLACH, J., HOFFMANN, M., LAMOREUX, J.F. et al. (2006) Global biodiversity conservation priorities. *Science*, 313, 58-61.

BROWN, J.H. & LOMOLINO, M.V (1998) Biogeography. *Sinauer Press*, Sunderland, Massachusetts.

CDB (1992) Convenio para la Diversidad Biológica. Cumbre de la Tierra. Rio de Janeiro, Brasil.

CHASE, J.M. & LEIBOLD, M. (2003) Ecological Niches: Linking Classical and Contemporary Approaches. University of Chicago Press, Chicago y London.

DAVEY, A. (1998) National System Planning for Protected Areas. Gland, Switzerland: World Conservation Union.

DAVIS, S.D., HEYWOOD, V.H. & HAMILTON, A.C. (1997) Centres of Plant Diversity. A guide and strategy for their conservation. Volume 3: The Americas. IUCN Publications Unit. Cambridge, U.K.

DIAZ, P. & FERNÁNDEZ P. (2002) Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña. Cad. Aten Primaria, 9: 209-211.

DINERSTEIN, E., OLSON, D.M., GRAHAM, D.J., WEBSTER, A.L., PRIMM, S.A., BOOKBINDER, M.P. et al. (1995) A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. Washington (DC): World Bank.

DONOSO, C. (1993) Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. *Editorial Universitaria*, Santiago de Chile.

DONOSO, C. (2004) Capítulo 3: Variación individual en especies forestales nativas de los bosques costeros templados lluviosos de Chile y Argentina. En Donoso C., Premoli A., Gallo L. e Ipinza R. Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. *Editorial Universitaria*, Santiago de Chile.

DUDLEY, N. & PARISH, J. (2006) Closing the Gap. Creating Ecologically Representative Protected Area Systems: A Guide to Conducting the Gap Assessments of Protected Area Systems for the Convention on Biological Diversity. Technical Series No. 24. Montreal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

ELIOSA-LEÓN, H., NIETO-MONTES DE OCA, A. & NAVARRO-CARBAJAL, M.C. (2010) Conservadurismo filogenético del nicho ecológico, un enfoque integral de la evolución. *Ciencias*, 98, 64-69.

ELITH, J., GRAHAM, C.H., ANDERSON, R.P., DUDÍK, M., FERRIER, S., GUISAN, A. et al. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29, 129-151.

ELITH, J. & LEATHWICK, J. (2009) Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic*, 40, 677-697.

ELITH, J., PHILLIPS, S., HASTIE, T., DUDÍK, M., CHEE, Y. & YATES, C. (2011) A statistical explanation of *Maxent* for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17, 43-57.

FEELEY, K.J. (2012) Distributional migrations, expansions, and contractions of tropical plant species as revealed in dated herbarium records. *Global Change Biology*, 18, 1335–1341.

GAJARDO, R. (1994) La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. *Editorial Universitaria*, Santiago de Chile.

GARCÍA, N. & ORMAZABAL, C. (2008) Árboles Nativos de Chile. Enersis S.A. Santiago, Chile. 196.

GUISAN, A. & THUILLER, W. (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8, 993–1009.

- GUISAN, A. & ZIMMERMANN, N.E. (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling*, 135, 147-186.
- HECHENLEITNER, P., GARDNER, M., THOMAS, P., ECHEVERRÍA, C., ESCOBAR, B., BRONWLESS, P. et al. (2005) Plantas amenazadas del centro-sur de Chile. Distribución, conservación y propagación. Universidad Austral de Chile.
- HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G. & JARVIS, A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965–1978.
- HOFFMANN, J.A.J. (1975) Atlas climático de América del Sur. Mapas de temperatura y precipitaciones medias. WMO, UNESCO, Geneve.
- HUTCHINSON, G.E. (1957) Concluding remarks. *Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology*, 22, 415-427.
- IPCC (2007) Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (ed. by M.L. PARRY, O.F. CANZIANI, J.P. PALUTIKOF, P.J. VAN DER LINDEN and C.E. HANSON), p. 976, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2014) Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Edenhofer, O., Pichs Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. et al. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- KUMAR, S., GRAHAM, J., WEST, A.M. & EVANGELISTA, P.H. (2014) Using district-level occurrences in MaxEnt for predicting the invasion potential of an exotic insect pest in India. *Computers and Electronics in Agriculture*, 103, 55–62.
- LIKENS, G.E. (1992) The ecosystem approach: its use and abuse. Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, Germany.
- LLORENTE, B.J., PAPAVERO, N. & HERNÁNDEZ, A.B. (2000) Síntesis Histórica de la Biogeografía. *Revista. Acad. Colomb. Ci. Exact.*, 24(91), 255-278.
- LUEBERT, F. & PLISCOFF, P. (2004) Clasificación de pisos de vegetación y análisis de representatividad ecológica de áreas propuestas para la protección de la ecorregión valdiviana. Valdivia: Serie de Publicaciones WWF, programa Ecorregión Valdiviana.
- LUEBERT, F. & PLISCOFF, P. (2006) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. *Editorial Universitaria*, Santiago de Chile.
- MARQUET, P., ABADES, S., ARMESTO, J., BARRIA, I., ARROYO, M.T.K., CAVIERES, L. et al. (2014). Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. Centro de Cambio Global UC. Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- MARGULES, C. & PRESSEY, R. (2000) Systematic conservation planning. *Nature*, 405, 243–253.
- MATEO, R.G., FELICÍSIMO, A.M. & MUÑOZ, J. (2011) Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84, 217-240.

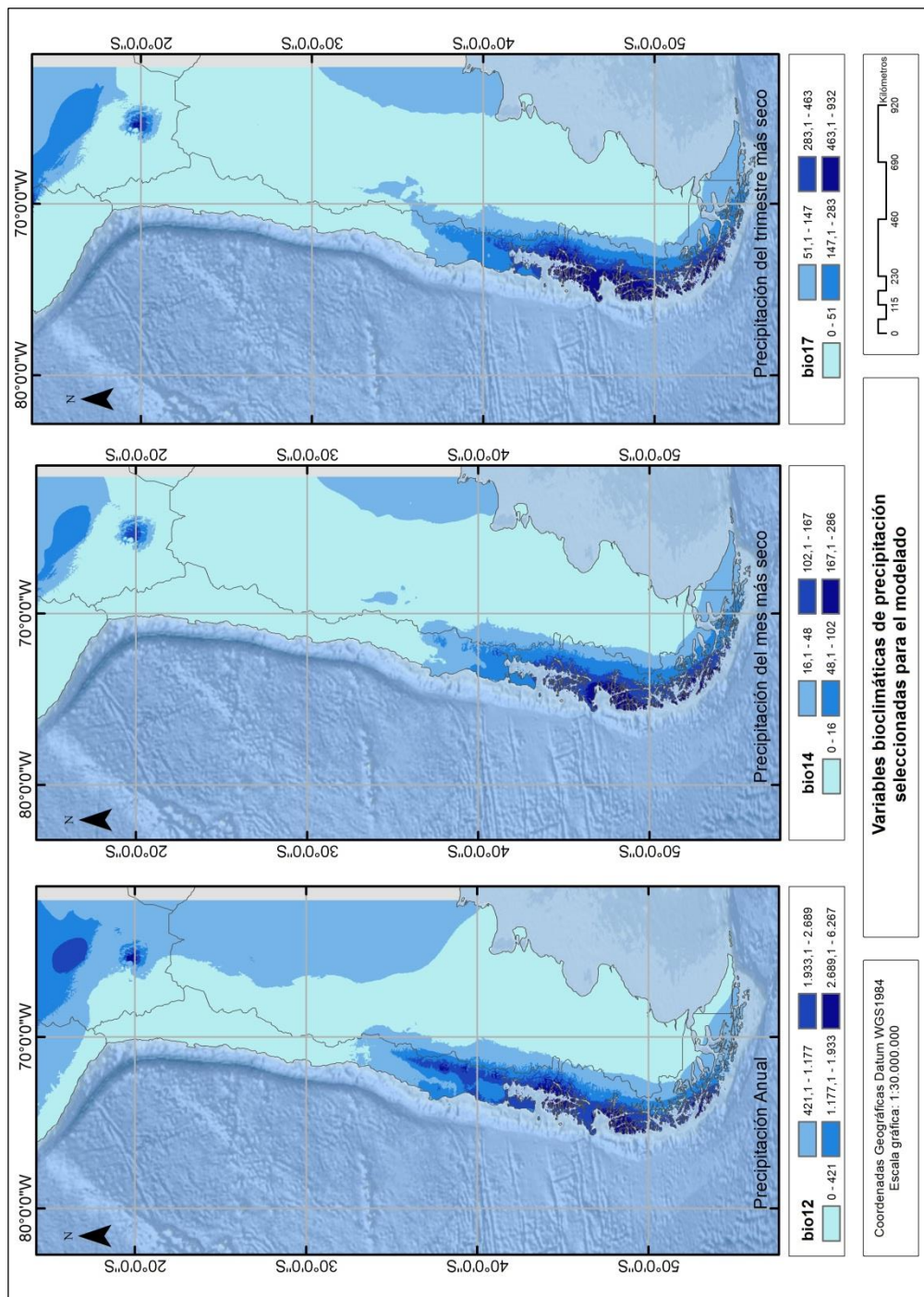
- MATEO, R.G., FELICÍSIMO, A.M. & MUÑOZ, J. (2012) Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. *Reduca (Biología). Serie Ecología*. 5 (1), 137-153.
- MEAVE, J. & MARTÍNEZ, A.L. (2002) La biogeografía, disciplina integradora de las ciencias biológicas. *Revista de la Universidad de México*, 595, 66-71.
- MILESI, F.A. & LÓPEZ DE CASENAVE, J. (2005) El concepto de nicho en Ecología aplicada: del nicho al hecho hay mucho trecho. *Ecología Austral*, 15, 131-148.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, MMA (2011) Las áreas protegidas de Chile. Sierralta L., Serrano R., Rovira J. & Cortés C. (eds.), 35 pp.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, MMA (2015) Las áreas protegidas de Chile. Fernández, P. & Álvarez, M.E.(eds.), 68 pp.
- MINISTERIO DE SALUD, MINSAL (2010) Medicamentos herbarios tradicionales. 232 p.
- MOREIRA-MUÑOZ, A. (2011) Plant Geography of Chile. Nueva York. *Springer. Series: Plant and vegetation*, 5, 320.
- MORRONE, J.J. (2001) Sistemática, biogeografía, evolución: Los patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio. Las Prensas de Ciencias. UNAM. D.F., México.
- MUÑOZ, M. & SERRA, M.T. (2006) Ficha de antecedentes de especie: *Austrocedrus chilensis*. Museo Nacional de Historia Natural.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B. & KENT, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403(853).
- NOGUÉS-PAEGLE, J. & MO, K.C. (1997) Alternating wet and dry conditions over South America during summer. *Monthly Weather Review*, 125, 279–291.
- OLSON, D.M., DINERSTEIN, E., WIKRAMANAYAKE, E.D., BURGESS, N.D., POWELL, G.V.N., UNDERWOOD, E.C. et al. (2001) Terrestrial Ecoregions of the World: a new map of life on Earth. *BioScience*, 51, 933-938.
- ORME, A.R. (2007) The tectonic framework of South America; tectonism, climate, and landscape change. En: Veblen, T.T., Young, K.R. & Orme, A.R. (eds). *The physical geography of South America*. Oxford University Press, New York, NY, 23–44.
- PAREDES-GARCÍA, D., RAMÍREZ-BAUTISTA, A. & MARTÍNEZ-MORALES, M.A. (2011) Distribución y representatividad de las especies del género *Crotalus* en las áreas naturales protegidas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(2), 689-700.
- PETERSON, A.T., SOBERÓN, J., PEARSON, R.G., ANDERSON, R.P., MARTÍNEZ-MEYER, E. et al. (2011) *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Princeton University Press, Princeton.
- PETERSON, A.T. & SOBERÓN, J. (2012) Species Distribution Modeling and Ecological Niche Modeling: Getting the Concepts Right. *Natureza & Conservação*, 10(2), 102-107.
- PHILLIPS, S.J., ANDERSON, R.P. & SCHAPIRE, R.E. (2006) Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, 190, 231-259.

- PHILLIPS, S.J. & DUDÍK, M. (2008) Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161-175.
- PLISCOFF, P. & FUENTES-CASTILLO, T. (2011a) Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles”. *Revista de Geografía Norte Grande*, 79, 61–79.
- PLISCOFF, P. & FUENTES-CASTILLO, T. (2011b). Representativeness of terrestrial ecosystems in Chile’s protected area system. *Environmental Conservation*, 38, 303–311.
- PLISCOFF, P., LUEBERT, F., HILGER, H., & GUISAN, A. (2014) Effects of alternative sets of climatic predictors on species distribution models and associated estimates of extinction risk: A test with plants in an arid environment. *Ecological Modelling*, 288, 166-177.
- REDON, M. & LUQUE, S. (2010) Presence-only modelling for indicator species distribution: biodiversity monitoring in the French Alps. 6th Spatial Analysis and Geomatics international conference. (SAGEO 2010), Toulouse, France. Université de Toulouse, 1, p. 42 - p. 55.
- RICHARDSON, D.M. & WHITTAKER, R.J. (2010) Conservation biogeography - foundations, concepts and challenges. *Diversity and Distributions*, 16(3), 313-320.
- RODRÍGUEZ, R., MATTHEI, R. & QUEZADA, R. (1983) Flora arbórea de Chile. *Editorial de la Universidad de Concepción*. Concepción, Chile.
- SAUPE, E.E., BARVE, V., MYERS, C.E., SOBERÓN, J., BARVE, N., HENSZ, C.M, et al. (2012) Variation in niche and distribution model performance: The need for a priori assessment of key causal factors. *Ecological Modelling* 237– 238, 11– 22.
- SOBERÓN, J. (2007) Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters*, 10, 1115–1123.
- SOBERÓN, J. & MILLER, C.P. (2009) Evolución de los nichos ecológicos. *Miscelánea Matemática*, 49, 83–99
- SOBERÓN, J. & NAKAMURA, M. (2009) Niches and distributional areas: concepts, methods and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 106, 19644-19650.
- SOBERÓN, J. & PETERSON, A.T. (2005) Interpretation of models of fundamental ecological niches and species’ distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1–10.
- SQUEO, F.A., ESTÉVEZ, R.A., STOLL, A., GAYMER, C.F., LETELIER, L. & SIERRALTA, L. (2012). Towards the creation of an integrated system of protected areas in Chile: achievements and challenges. *Plant Ecology & Diversity*, 5(2), 233-243.
- SQUEO, F.A., LETELIER, L., GAYMER, C.F., STOLL, A., SMITH, C. MIETHKE, S. et al. (2010) Estudio de análisis de omisiones y vacíos de representatividad en los esfuerzos de conservación de la biodiversidad en Chile (GAP-Chile 2009). Informe final. CONAMA, Santiago.
- TACÓN, A. (2004) Conceptos generales para la conservación de la biodiversidad. Proyecto CIPMA-FMAM. “Ecorregión Valdiviana: Mecanismos Público-Privados para la Conservación de la Biodiversidad en la Décima Región”.

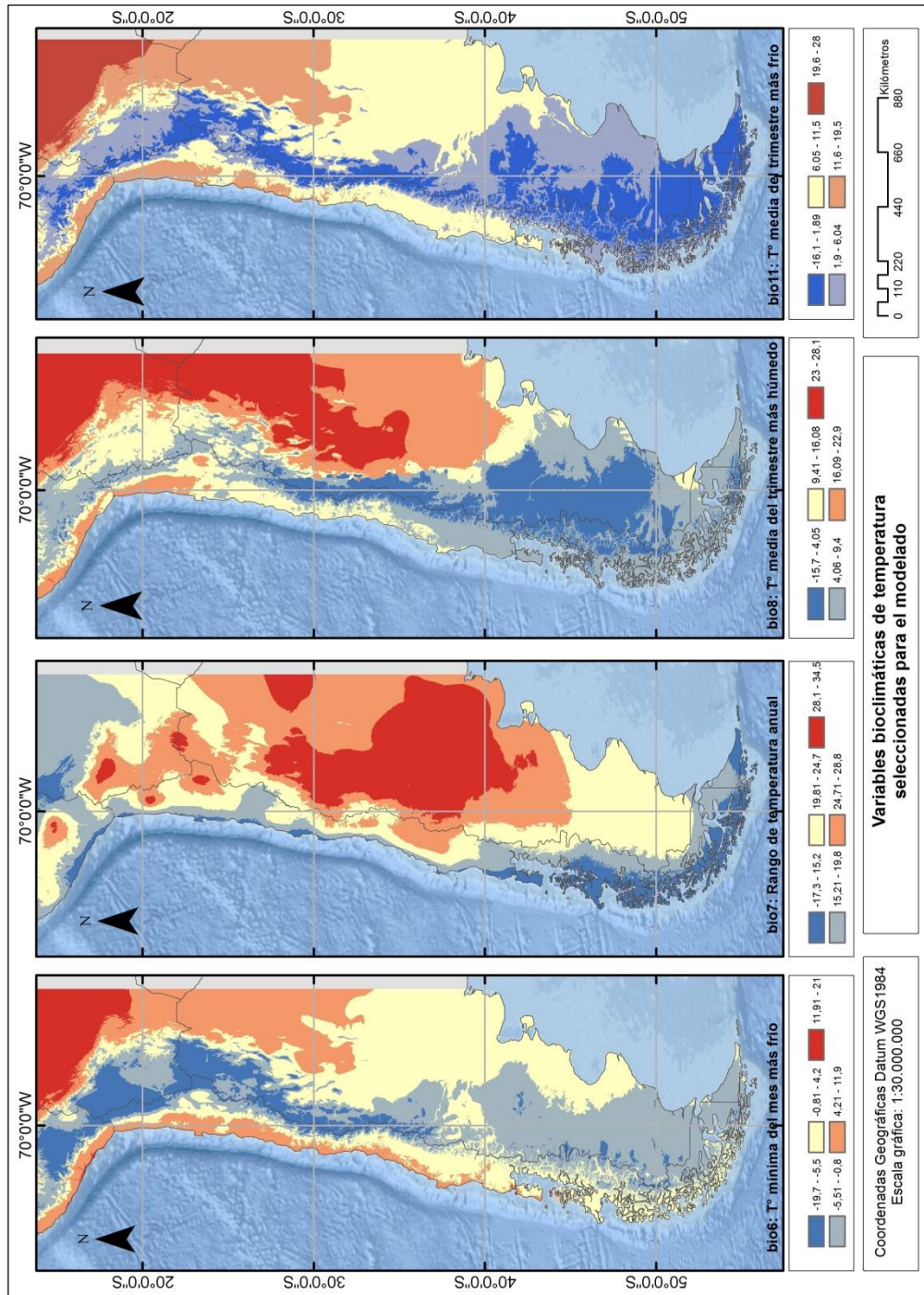
- TEILLIER, S. (2008) Diversidad de especies: flora vascular. En CONAMA, Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos, Capítulo II: Nuestra Diversidad Biológica. 310-339
- THIEL, M., MACAYA, E.C., ACUÑA, E., ARNTZ, W.E., BASTIAS, H., BROKORDT, K. et al. (2007) The Humboldt current system of northern and central Chile. *Oceanography and Marine Biology*, 45, 195–344.
- THUILLER, W., LAFOURCADE, B., ENGLER, R. & ARAÚJO, M.B. (2009) BIOMOD a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32, 369-373.
- THUILLER, W., LAVOREL, S., ARAUJO, M.B., SYKES, M.T. & PRENTICE, I.C. (2005) Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, USA, 102, 8245–8250.
- VILLAGRÁN, C. & HINOJOSA, L.F. (1997) Historia de los bosques del sur de Sudamérica, II: Análisis fitogeográfico. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70, 241-267.
- VILLAGRÁN, C. & HINOJOSA, L.F. (2005) Esquema biogeográfico de Chile. En: Llorente, J. & Morrone, J.J.: “Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines”, 551-557. *Ediciones de la UNAM*, México DF.
- WHITTAKER, R.J., ARAÚJO, M.B., JEPSON, P., LADLE, R.J., WATSON, J.E.M. & WILLIS, K.J. (2005) Conservation Biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distributions*, 11, 3-23.
- WISZ, M.S., HIJMANS, R.J., LI, J., PETERSON, A.T., GRAHAM, C.H. & GUIBAN, A. (2008) NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14, 763-773.
- WORLD WILDLIFE FUND et al. 2001. A Biodiversity Vision for the Valdivian Temperate Rainforest Ecoregion. Washington, D.C.
- YOUNG, K.R., BERRY, P.E. & VEBLER, T. (2007) Flora and Vegetation. En: Veblen, T.T., Young, K.R. & Orme, A.R. (eds). *The physical geography of South America*. Oxford University Press, New York, NY, 91–100.
- YOUNG, N., EVANGELISTA, P. & CARTER, L. (2011) A Maxent Model v3.3.1 Tutorial (ArcGIS v10). Natural Resource Ecology Laboratory at Colorado State University and the National Institute of Invasive Species Science.
- ZULOAGA, F.O., MORRONES, O., BELGRANO, M.J. (eds) (2008) Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Missouri Botanical Garden Press. Three volumes. Catálogo disponible en: <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm>
- ZUNINO, M. & ZULLINI, A. (2003) Biogeografía: La dimensión espacial de la evolución. Fondo de Cultura Económica. México.

ANEXOS

Anexo N°1: Cartografía de las variables bioclimáticas de precipitación seleccionadas para el modelado. Fuente: elaboración propia, en base a PLISCOFF *et al.*, 2014.



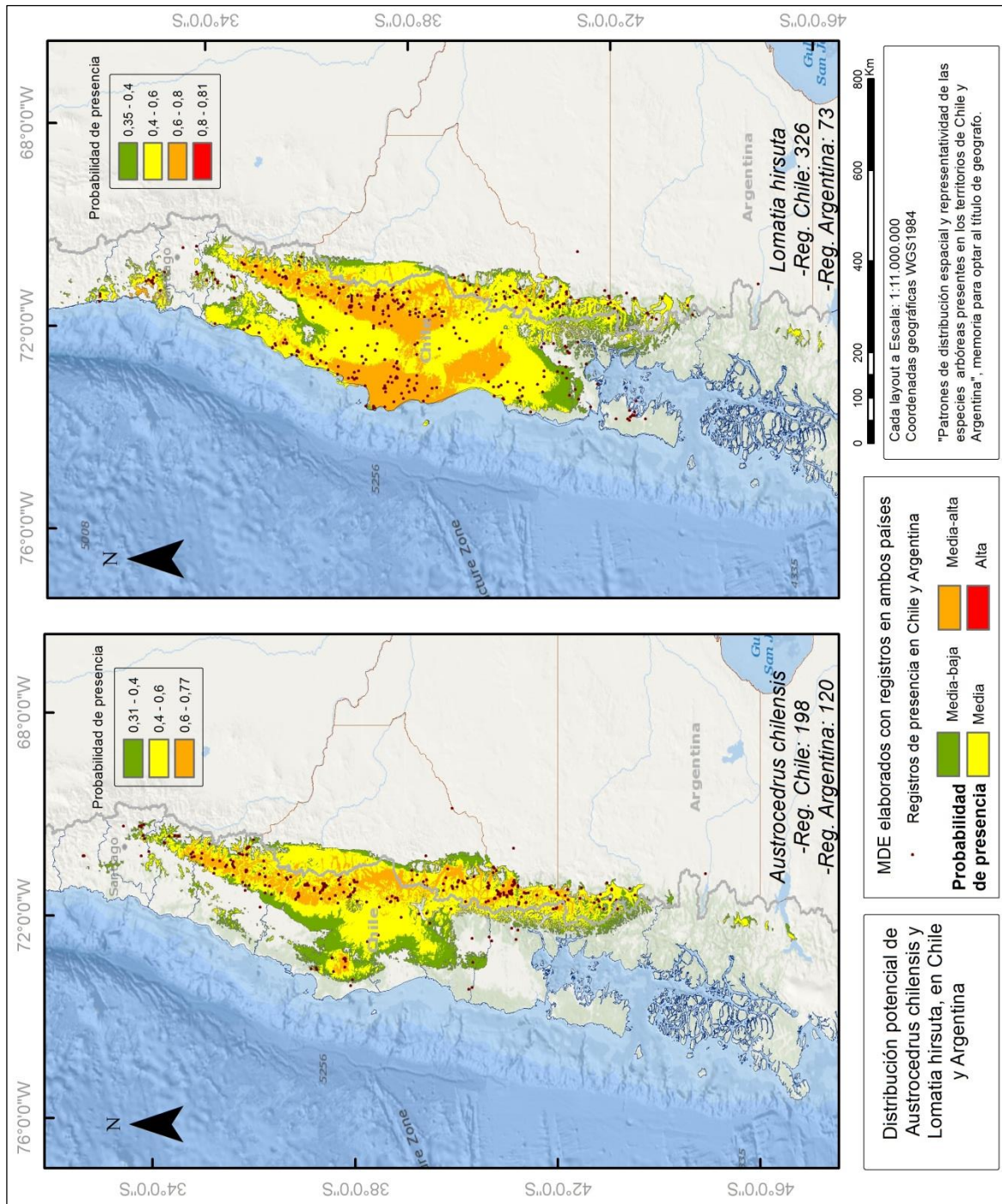
Anexo N°2: Cartografía de las variables bioclimáticas de temperatura seleccionadas para el modelado. Fuente: elaboración propia, en base a PLISCOFF *et al.*, 2014.



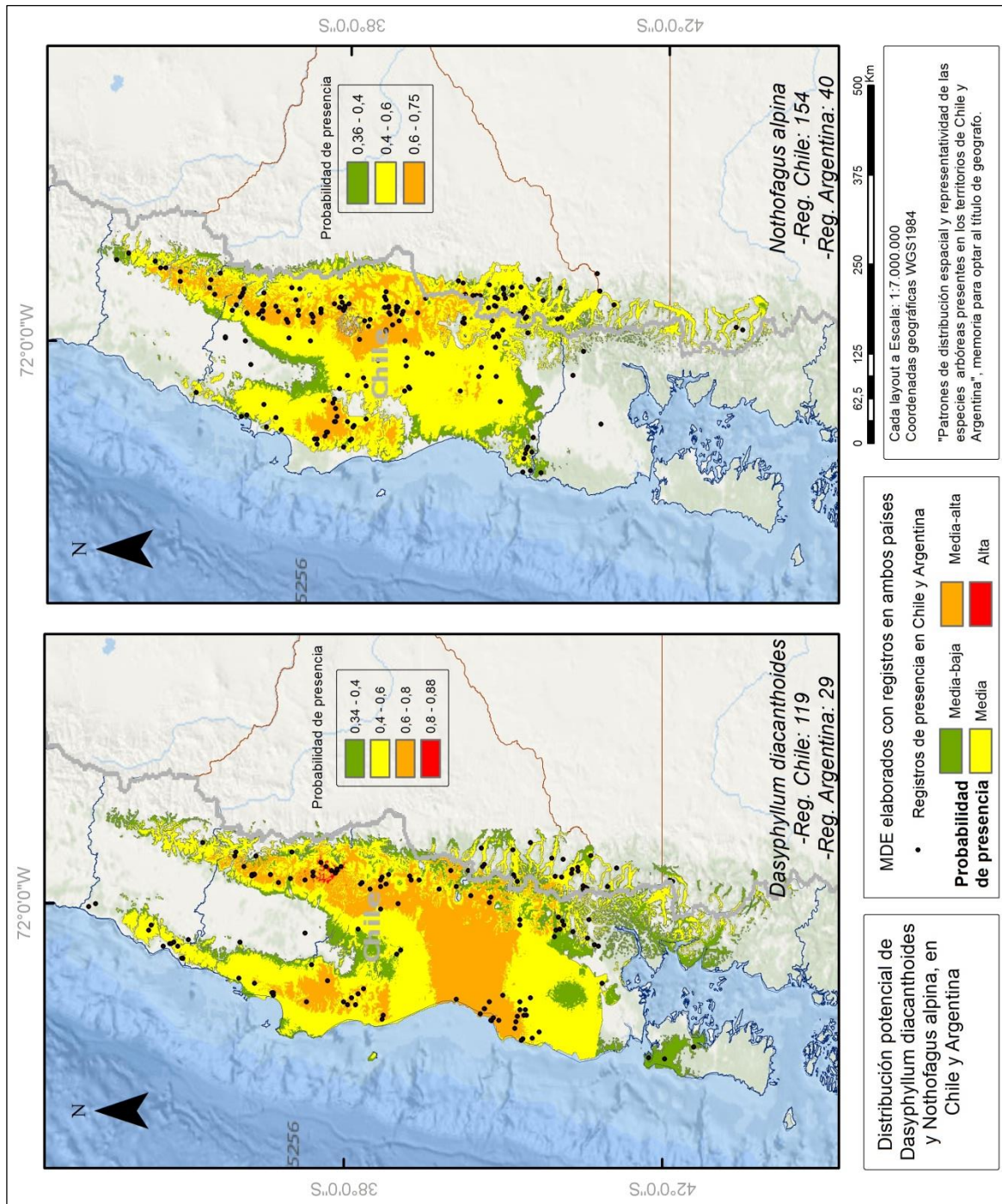
Anexo N°3: Registros de presencia y valores AUC de las especies arbóreas a modelar presentes en los territorios de Chile y Argentina. Se dividen los registros en los 3 casos de modelado. A: con registros de presencia sólo en territorio chileno; B: con registros de presencia sólo en territorio argentino; y C: con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.

Especies arbóreas a modelar	Registros de presencias			Valores AUC		
	Caso A	Caso B	Caso C	Caso A	Caso B	Caso C
01. <i>Araucaria araucana</i> (Molina) K.Koch	80	40	120	0.994	0.996	0.984
02. <i>Austrocedrus chilensis</i> (D. Don) Pic.Serm. & Bizzarri	198	120	318	0.989	0.983	0.975
03. <i>Buddleja globosa</i> Hope	35	50	85	0.979	0.992	0.967
04. <i>Dasyphyllum diacanthoides</i> (Less.) Cabrera	119	29	148	0.988	0.997	0.981
05. <i>Drimys winteri</i> J.R.Forst. & G.Forst.	301	89	390	0.958	0.974	0.949
06. <i>Embothrium coccineum</i> J.R.Forst. & G.Forst.	250	99	349	0.966	0.983	0.964
07. <i>Fitzroya cupressoides</i> (Molina) I.M.Johnst	108	50	158	0.994	0.983	0.989
08. <i>Laureliopsis philippiana</i> (Looser) Schodde	97	24	121	0.987	0.998	0.985
09. <i>Lomatia ferruginea</i> (Cav.) R.Br.	151	30	181	0.975	0.971	0.962
10. <i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels	326	73	399	0.978	0.995	0.969
11. <i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret	432	35	467	0.971	0.986	0.967
12. <i>Maytenus magellanica</i> (Lam.) Hook.f.	87	37	124	0.974	0.964	0.975
13. <i>Myrceugenia exsucca</i> (DC.) O.Berg	237	20	257	0.976	0.997	0.978
14. <i>Nothofagus alpina</i> (Poepp. & Endl.) Oerst.	154	40	194	0.987	0.997	0.984
15. <i>Nothofagus antarctica</i> (G.Forst.) Oerst.	233	161	394	0.964	0.968	0.949
16. <i>Nothofagus betuloides</i> (Mirb.) Oerst.	101	66	167	0.965	0.989	0.968
17. <i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst.	296	121	417	0.974	0.985	0.969
18. <i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst.	293	32	325	0.980	0.995	0.981
19. <i>Nothofagus pumilio</i> (Poepp. & Endl.) Krasser	131	140	271	0.966	0.978	0.966
20. <i>Pilgerodendron uviferum</i> (D.Don) Florin	102	46	148	0.983	0.989	0.981
21. <i>Raukaua laetevirens</i> (Gay) Frodin	166	38	204	0.974	0.996	0.972
22. <i>Saxegothaea conspicua</i> Lindl.	110	39	149	0.987	0.993	0.977
23. <i>Weinmannia trichosperma</i> Cav.	203	33	236	0.981	0.948	0.971

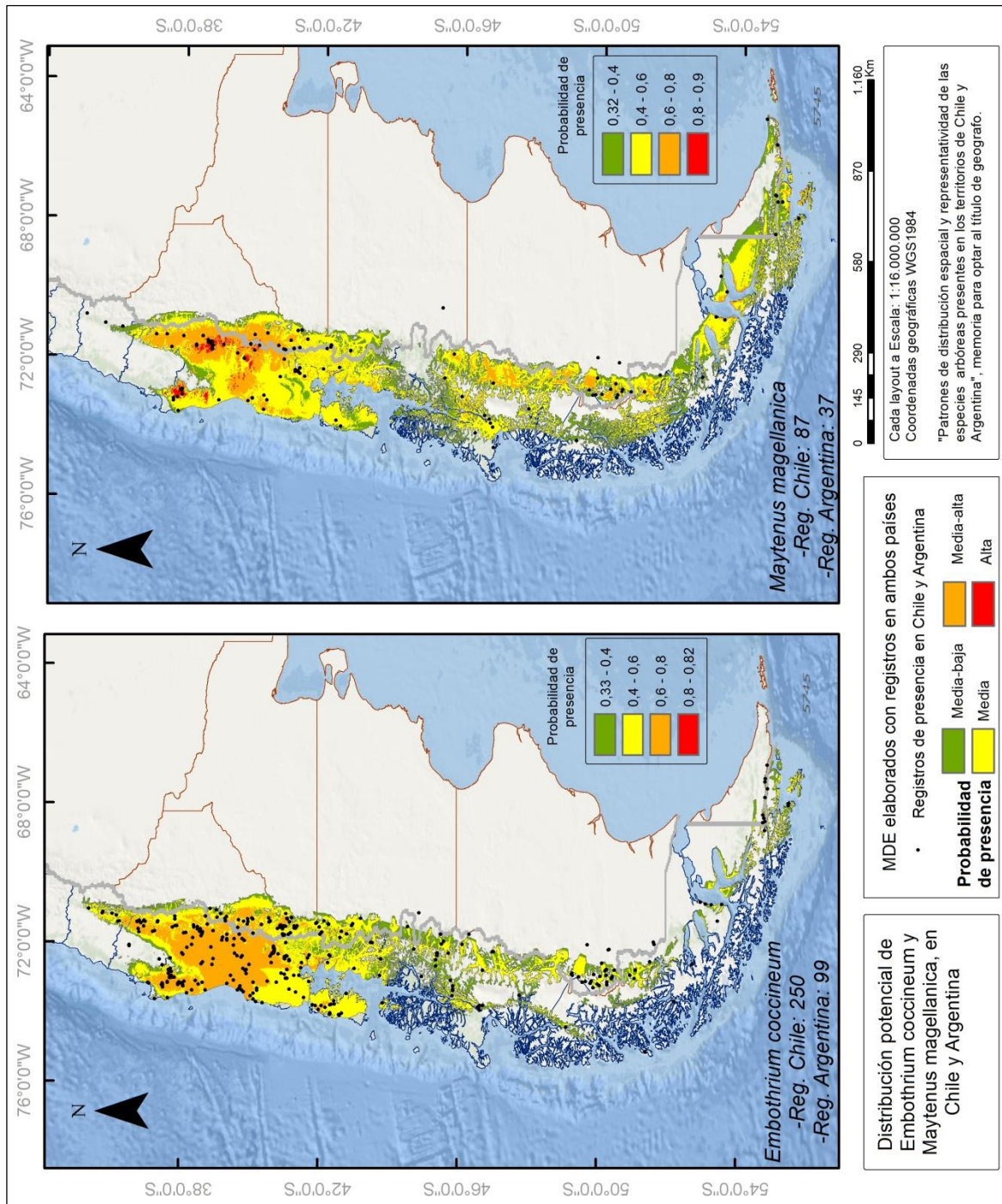
Anexo N°4: Cartografía de la distribución potencial de *Austrocedrus chilensis* y *Lomatia hirsuta*, en los territorios de Chile y Argentina. Modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.



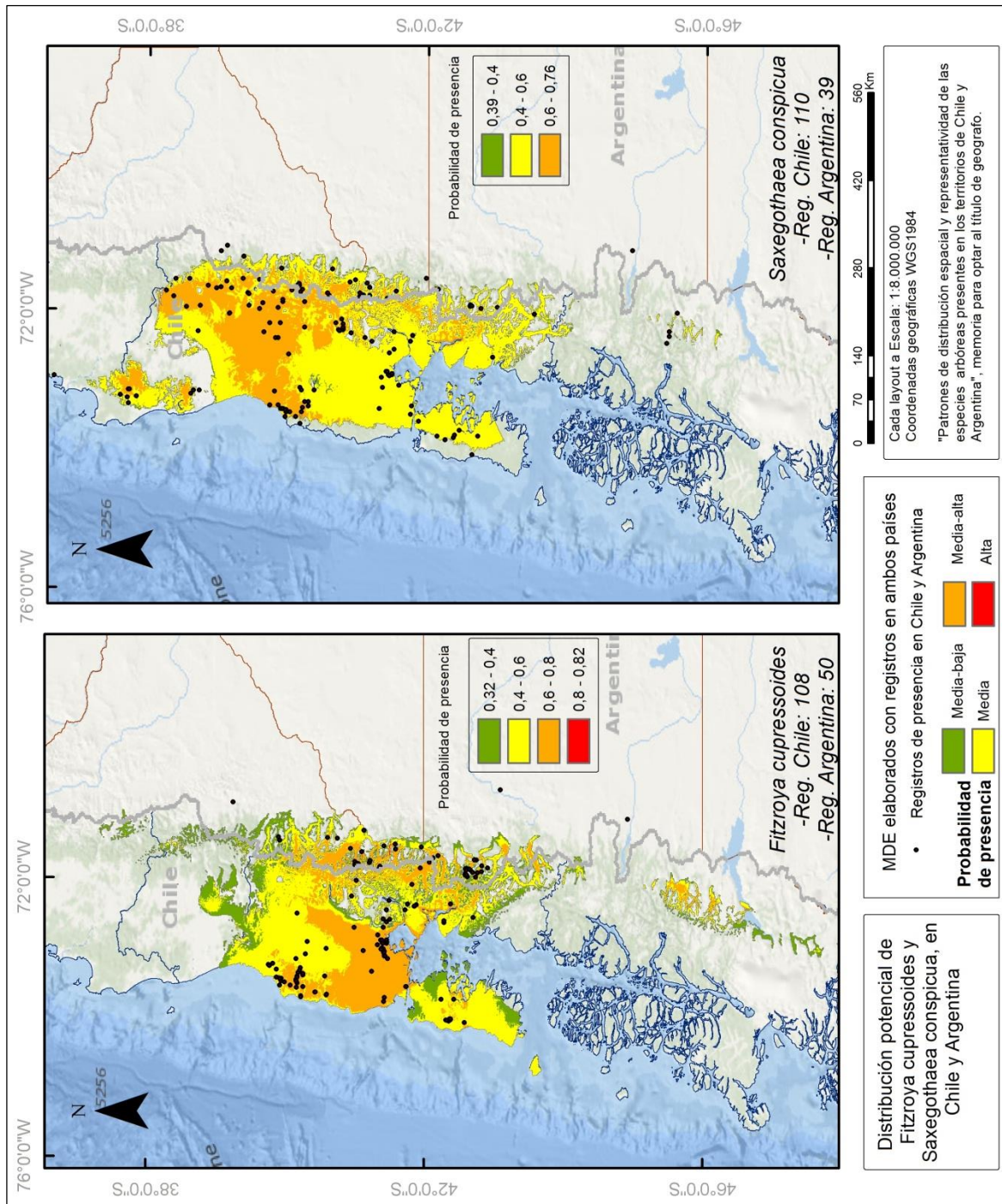
Anexo N°5: Cartografía de la distribución potencial de *Dasyphyllum diacanthoides* y *Nothofagus alpina*, en los territorios de Chile y Argentina. Modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.



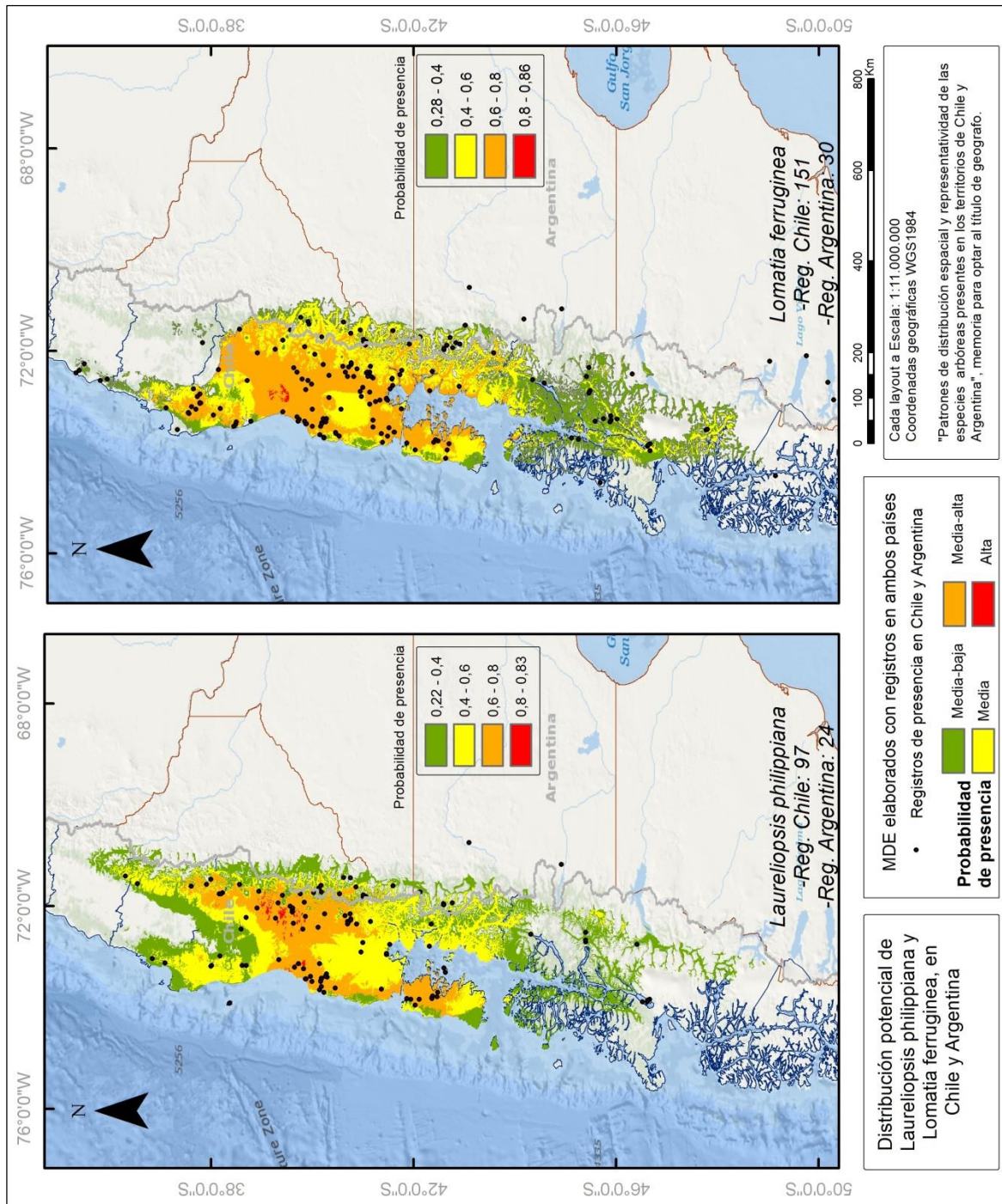
Anexo N°6: Cartografía de la distribución potencial de *Embothrium coccineum* y *Maytenus magellanica*, en los territorios de Chile y Argentina. Modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.



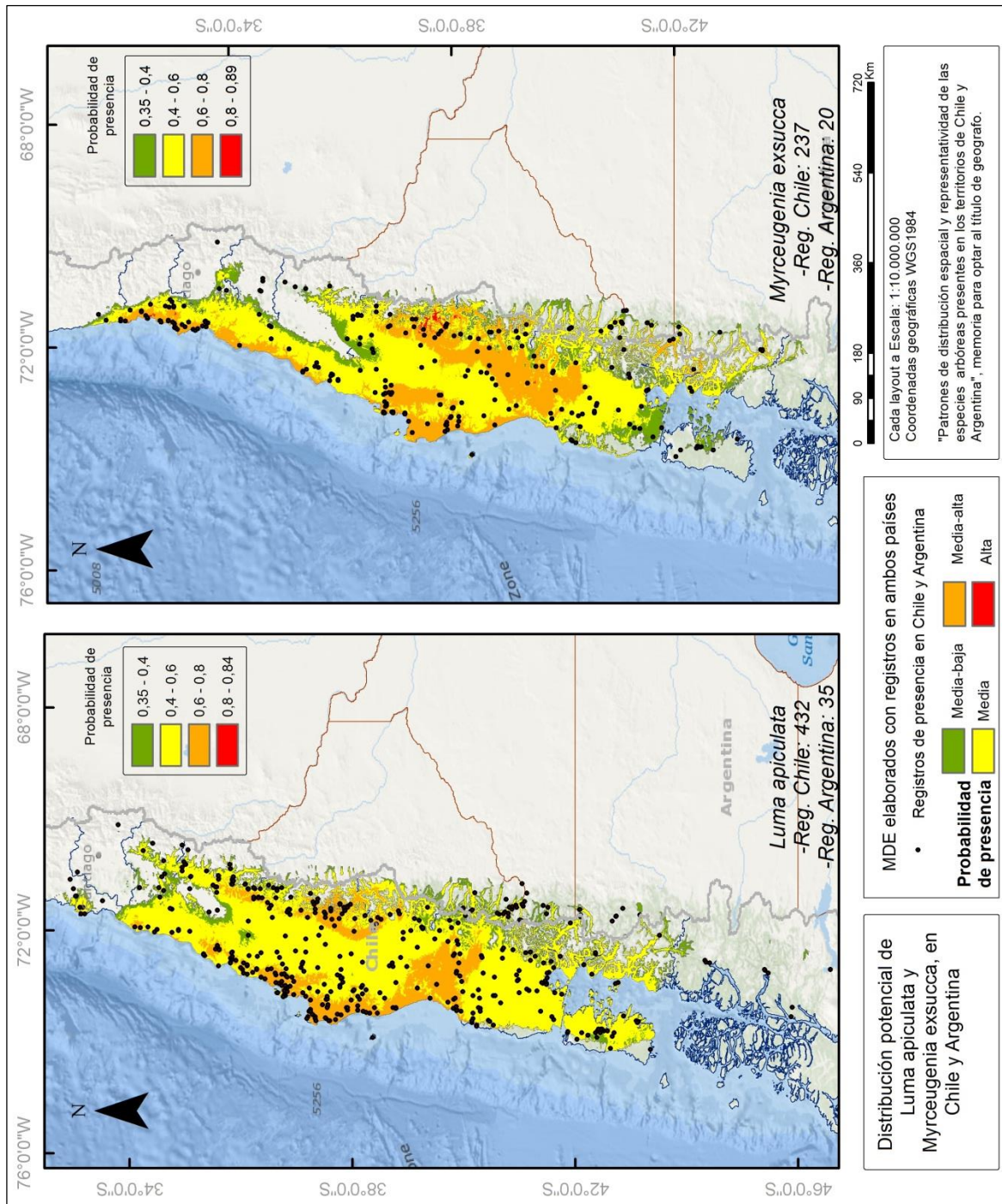
Anexo N°7: Cartografía de la distribución potencial de *Fitzroya cupressoides* y *Saxegothaea conspicua*, en los territorios de Chile y Argentina. Modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.



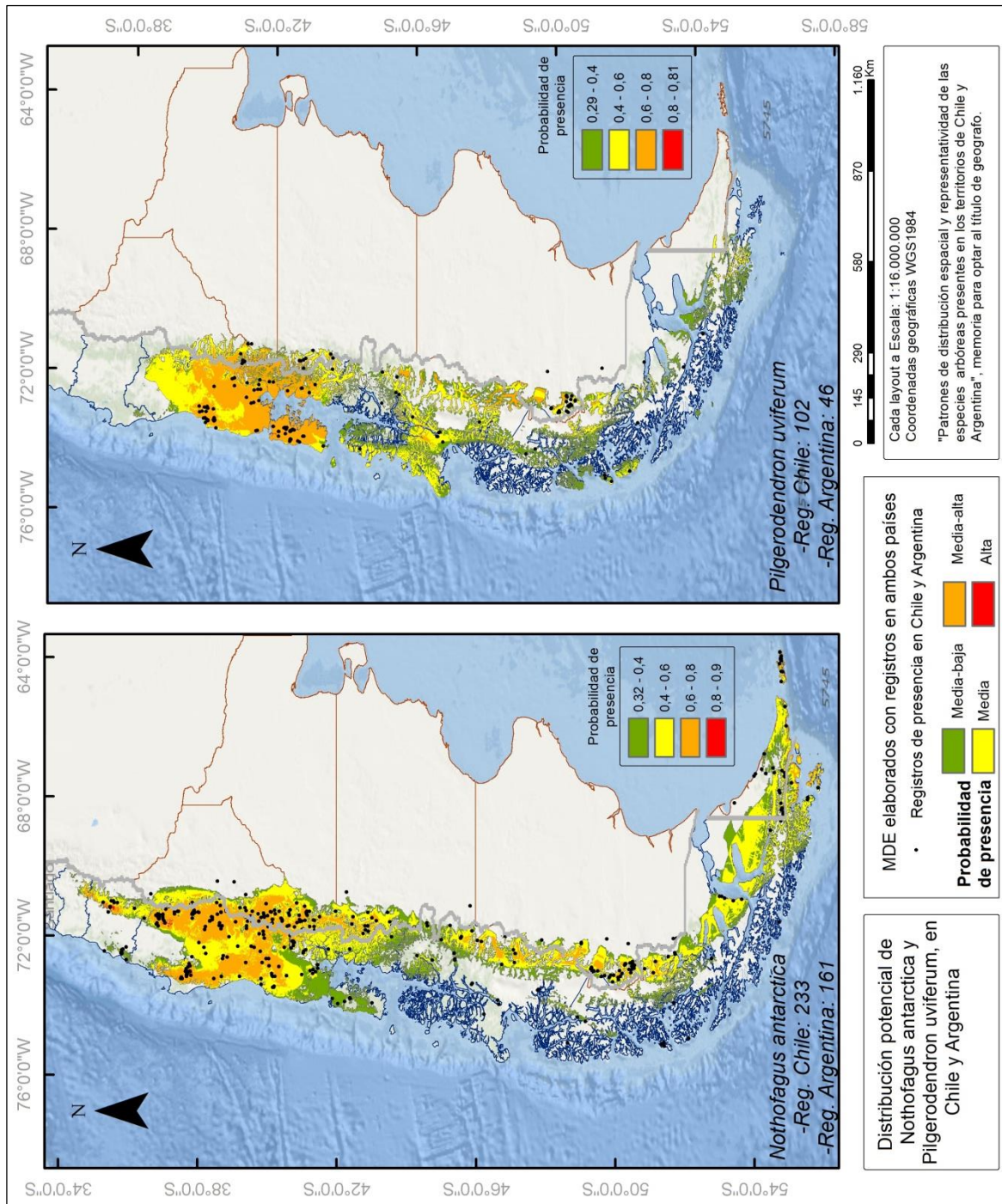
Anexo N°8: Cartografía de la distribución potencial de *Laureliopsis philippiana* y *Lomatia ferruginea*, en los territorios de Chile y Argentina. Modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.



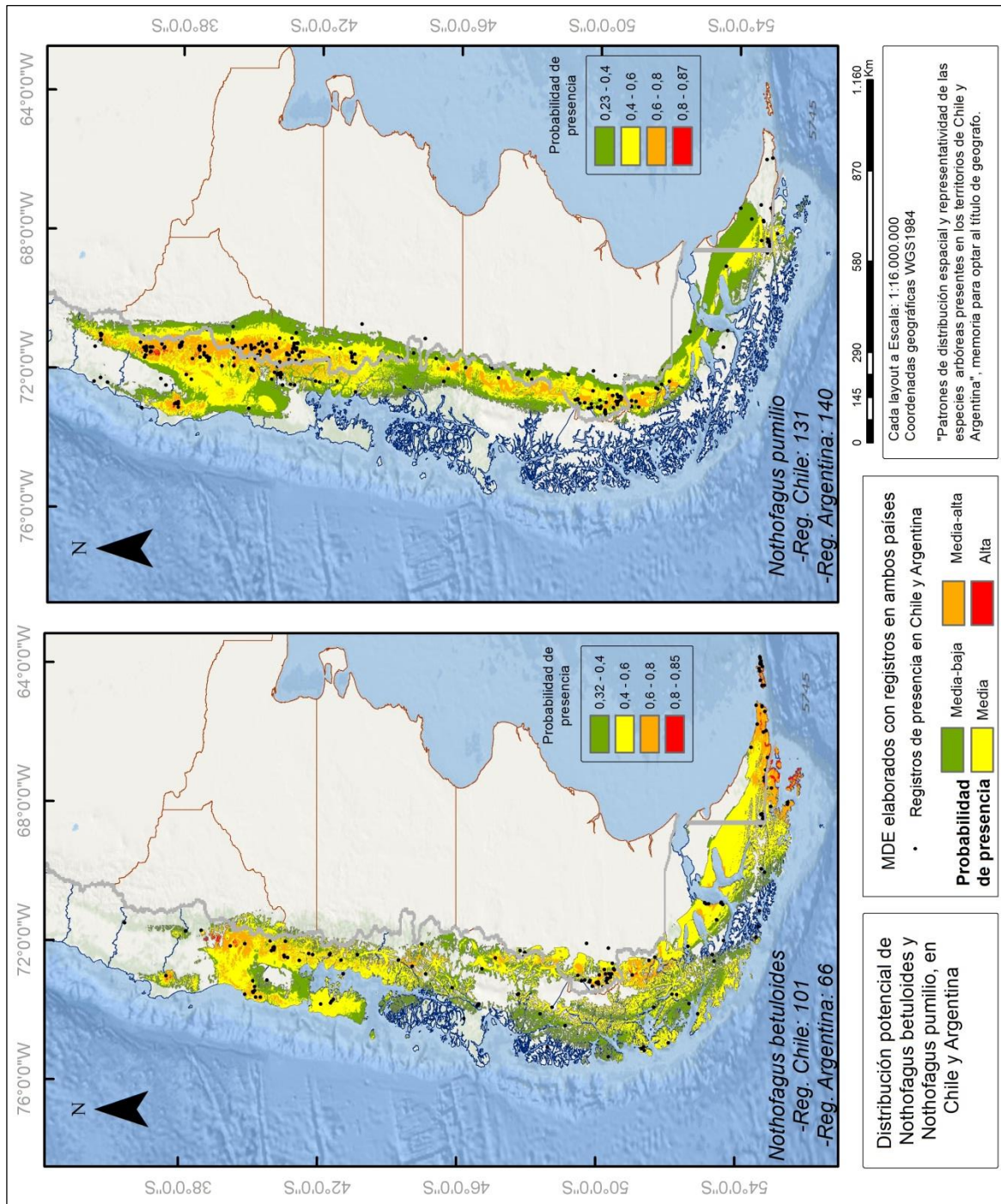
Anexo N°9: Cartografía de la distribución potencial de *Luma apiculata* y *Myrceugenia exsucca*, en los territorios de Chile y Argentina. Modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.



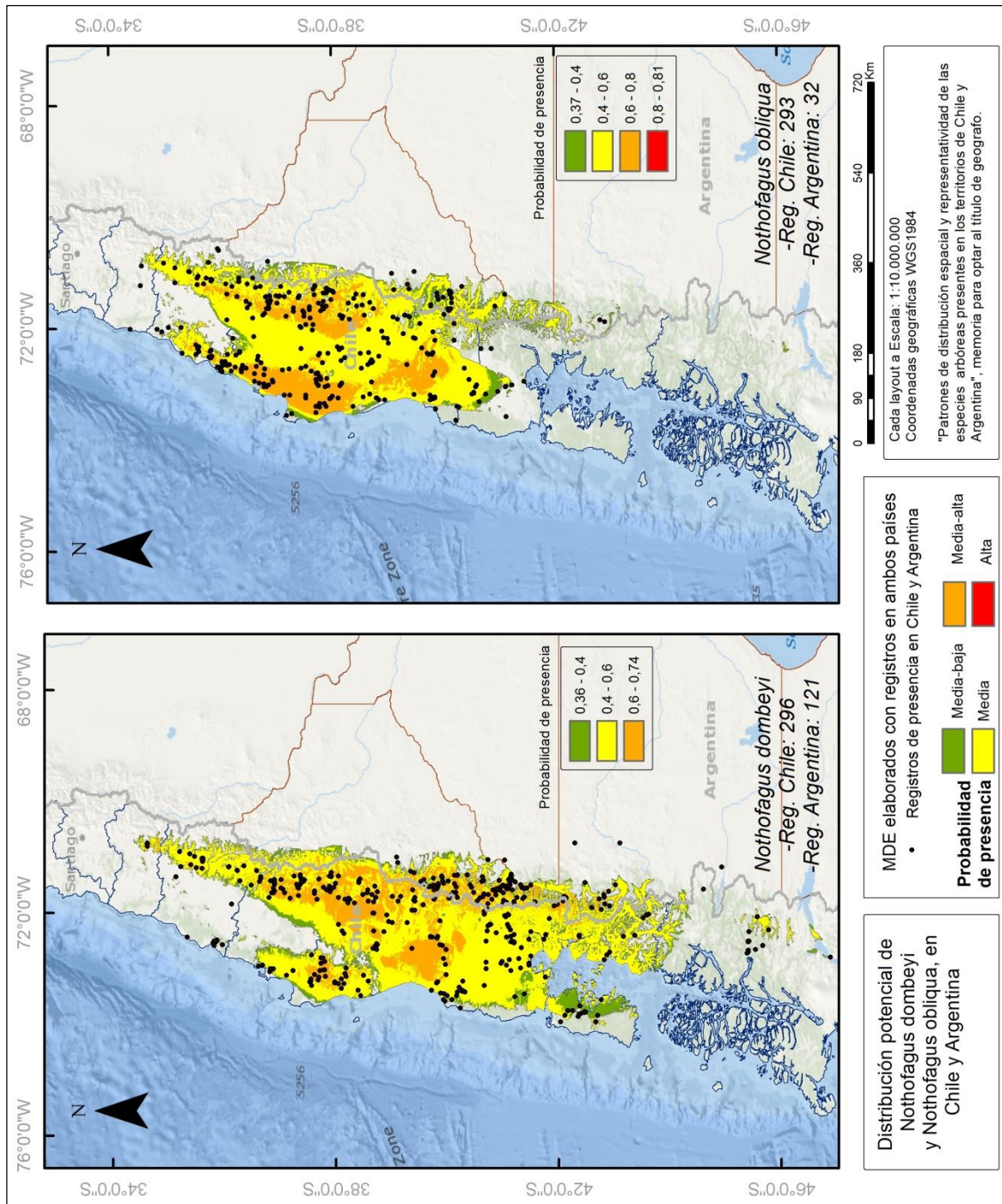
Anexo N°10: Cartografía de la distribución potencial de *Nothofagus antarctica* y *Pilgerodendron uviferum*, en los territorios de Chile y Argentina. Modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.



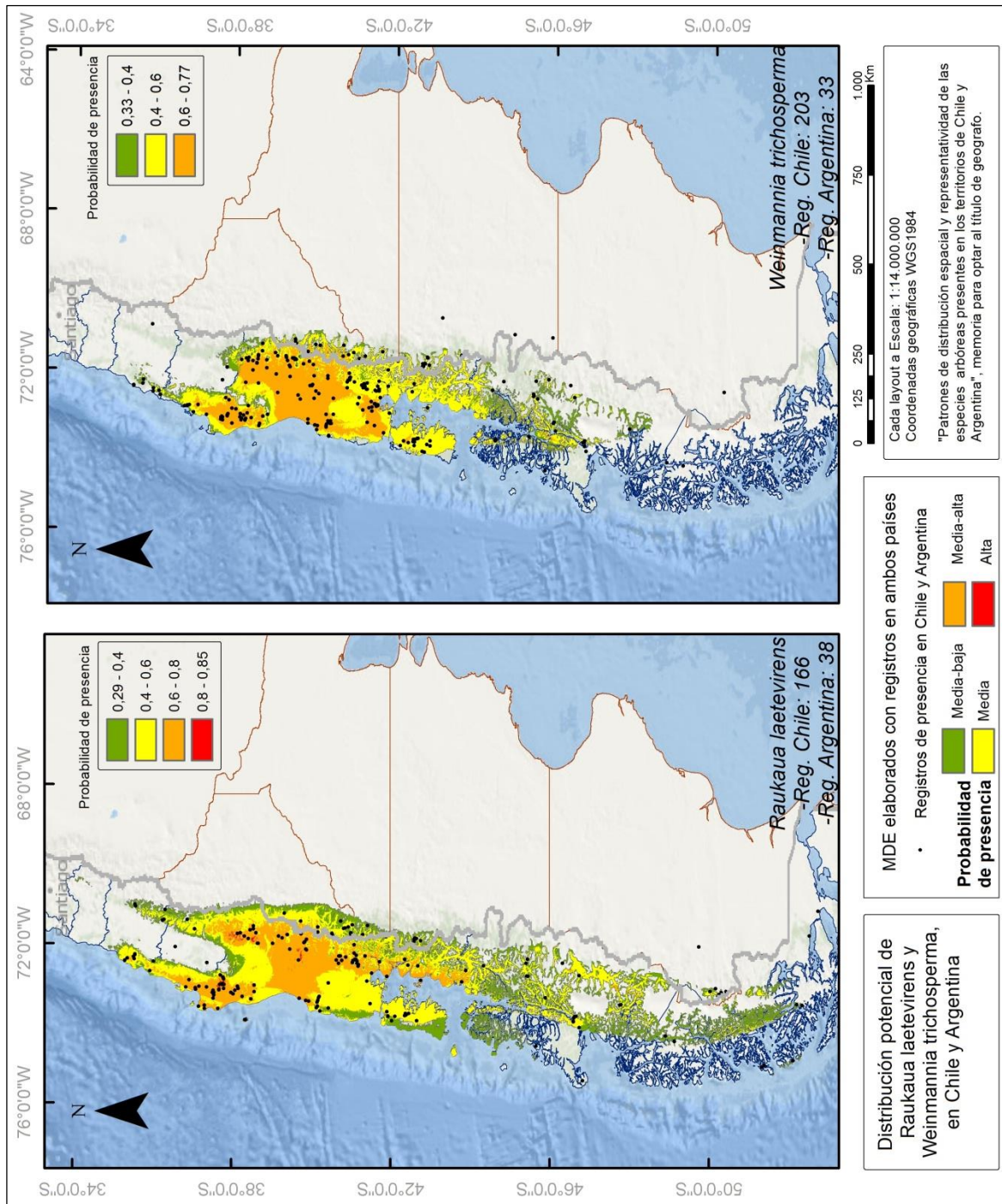
Anexo N°11: Cartografía de la distribución potencial de *Nothofagus betuloides* y *Nothofagus pumilio*, en los territorios de Chile y Argentina. Modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.



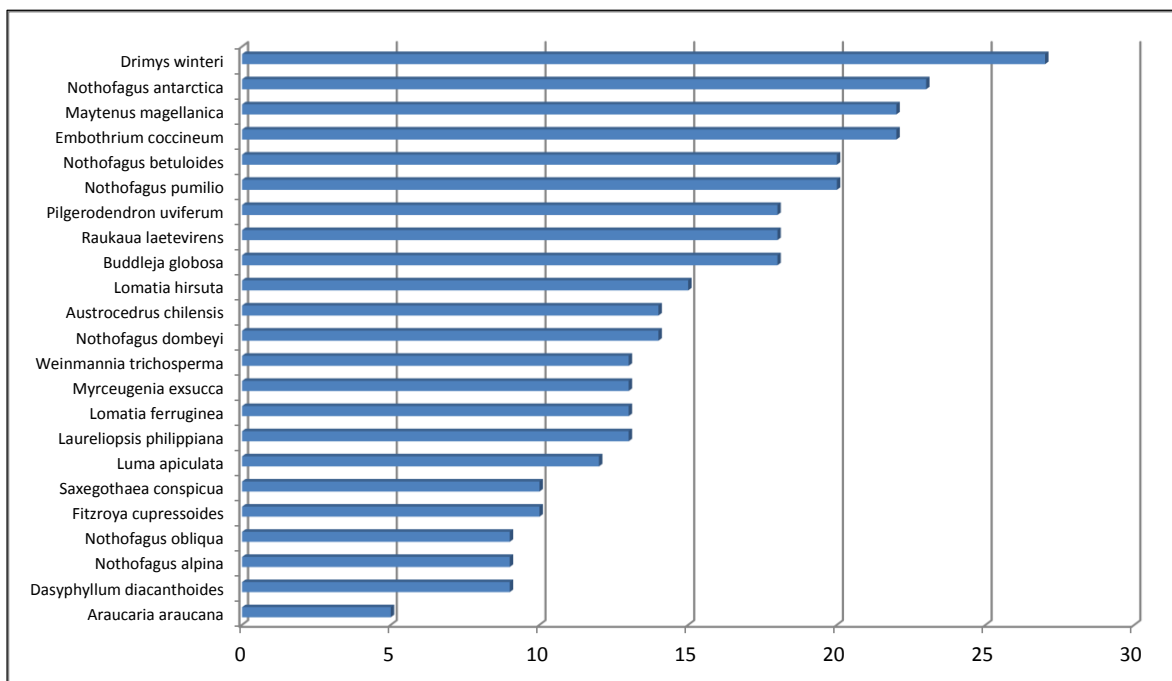
Anexo N°12: Cartografía de la distribución potencial de *Nothofagus dombeyi* y *Nothofagus obliqua*, en los territorios de Chile y Argentina. Modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.



Anexo N°13: Cartografía de la distribución potencial de *Raukaua laetevirens* y *Weinmannia trichosperma*, en los territorios de Chile y Argentina. Modelos de distribución de especies elaborados con registros de presencia en ambos países. Fuente: elaboración propia.



Anexo N°14: Gráfico de barra que da cuenta de la extensión latitudinal de las especies arbóreas consideradas en la presente investigación, que se encuentran entre los paralelos 30°S y 56°S. Por ejemplo: *Drimys winteri* presenta un valor de 27, debido a que se encuentra en la totalidad de los 27 paralelos. Fuente: elaboración propia.



Anexo N°15: Riqueza de las especies arbóreas consideradas, medida en la cantidad de estas en las áreas protegidas oficiales de Chile. Descripción: RN= Reserva Nacional, SN= Santuario de la Naturaleza, PN= Parque Nacional, MN= Monumento Natural, RB= Reserva de la Biósfera, SR: Sitio Ramsar. Fuente: elaboración propia.

Orden	Área Protegida	Especies arbóreas contenidas	Figura de protección
1°	Araucarias	23	RB
2°	Bosques Templados Lluviosos	23	RB
3°	Conguillfo	23	PN
4°	Malleco	23	RN
5°	Mocho - Choshuenco	23	RN
6°	Villarrica	23	PN/RN
7°	China Muerta	22	RN
8°	Huerquehue	22	PN
9°	Nahuelbuta	22	PN
10°	Tolhuaca	22	PN
11°	Parque Pumalín	22	SN
12°	Puyehue	22	PN
13°	Vicente Pérez Rosales	22	PN
14°	Altos de Pemehue	21	RN
15°	Malalcahuello	21	RN
16°	Nalcas	21	RN
17°	Cerro Castillo	21	RN
18°	Futaleufú	21	RN
19°	Alerce Costero	21	PN
20°	Carlos Anwandter	21	SR
21°	Río Cruces y Chorocomayo	21	SN
22°	Cerro Ñielol	20	MN
23°	Contulmo	20	MN
24°	Hornopirén	20	PN
25°	Alerce Andino	19	PN