



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

Caracterización bioclimática en el hotspot de Chile Central a partir de los escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC5 para los periodos 2020-2049 y 2070-2099.

Memoria para optar al título de Geógrafo

DAVID HENRIQUEZ ORELLANA

Profesor Guía: Pablo Sarricolea Espinoza

SANTIAGO- CHILE

Septiembre 2019

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3. OBJETIVOS	15
3.1. Objetivo general	15
3.2. Objetivos específicos	15
4. ÁREA DE ESTUDIO	15
4.1. Caracterización climática general del área de estudio	15
4.2. Caracterización vegetal del área de estudio	19
4.2.1. Zona Norte Chico	19
4.2.2. Chile Central	19
4.2.3. Zona Sur	19
5. MARCO TEÓRICO	21
5.1. Cambio Climático	21
5.1.1. Cambio Climático en Chile	25
5.1.2. Escenarios de Cambio Climático	28
5.2. Modelos de circulación global (GCM)	31
5.3. Distribución espacial de la vegetación	33
5.3.1. El concepto de nicho	33
5.3.2. Principio de conservación de nicho	35
5.4. Modelos de distribución de especies	36
5.5. Hotspot de Chile mediterráneo (Chilean Winter Rainfall-Valdivian Forest)	37
6. MATERIALES Y MÉTODOS	39
6.1. Bases de información	39
6.1.1. Superficies climáticas	39
6.1.1.1. Worldclim	39
6.1.1.2. Superficies climáticas del cono sur de Sudamérica	39
6.1.2. GCM de proyección utilizado: CSIRO 3.6	39

6.1.3	Unidades de vegetación	40
6.2	Procesos aplicados a las bases.....	42
6.2.2	Obtención de superficies futuras adaptadas a Pliscoff et al 2014 mediante el método delta	42
6.2.2.	Modelamiento de nicho potencial	45
6.2.2.1.	MAXENT	45
6.2.2.2.	Selección de variables	47
6.2.2.3.	Modelamiento de especies a escenarios de Cambio Climático 48	
6.2.3.	Transformación de ambientes templados a semi-áridos en Chile central 50	
7.	RESULTADOS	53
7.1.	Patrones de variación de temperatura y precipitación para el hotspot de Chile central.....	53
7.1.1.	Norte chico	53
7.1.2.	Chile central	57
7.1.3.	Zona Sur	61
7.2.	Variaciones en la distribución de la vegetación potencial para Chile por macrorregiones.....	67
7.2.1.	Norte chico (Regiones III y IV) 25,5°S – 31,5°S	67
7.2.2.	Chile central (Regiones IV a VIII) 31,5°S - 38,5°S.....	73
7.2.3.	Zona Sur (Regiones IX, XIV y X) 38,5°S – 44°S	80
7.3.	Transformación de ambientes mediterráneos a semi-áridos en Chile central a nivel de cuencas.	86
7.3.1.	Proyecciones de cambio climático	87
7.3.1.1.	Cuenca del río la Ligua (Figura 40)	91
7.3.1.2.	Cuenca costera ríos la Ligua y Aconcagua (Figura 41).....	93
7.3.1.3.	Cuenca costera río Aconcagua - río Maipo (Figura 42).....	95
7.3.1.4.	Costera Maipo – Rapel (Figura 43)	96
7.3.1.5.	Río Rapel (Figura 44).....	99

7.3.1.6. Costera Rapel – Nilahue (Figura 45).....	101
7.3.2. Síntesis	103
8. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	104
8.1. Proyección de variables bioclimáticas a escenarios de cambio climático	104
8.1.1. Chile chico.....	108
8.1.2. Chile central	110
8.1.3. Zona sur	112
8.2. Distribución latitudinal de anomalías	114
8.3. Variación de distribución de vegetación en hotspot.....	119
8.4. Transformación de ambientes templados a semiáridos:.....	119
9. CONCLUSIÓN	120
10. REFERENCIAS.....	122
11. ANEXO 1.....	126
12. ANEXO 2	134

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del hotspot “Chilean Winter Rainfall Valdivian Forest” ..	17
Figura 2. Distribución de la clasificación climática de Köppen-Geiger en el hotspot “Chilean Winter Rainfall-Valdivian Forest” (Elaboración propia).....	18
Figura 3: Caracterización vegetacional al interior del hotspot “Chilean Winter Rainfall Valdivian Forest (elaboración propia en base a Gajardo 1994).	20
Figura 4: Anomalía media combinada de temperatura superficial terrestre y marítima entre 1850 – 2012. Obtenido de (IPCC 2013).....	23
Figura 5: Variación de temperatura superficial entre 1901 y 2012. Obtenido de (IPCC 2013).....	23
Figura 6: Junio del año 2018 es el tercero más cálido de los 138 de registros modernos, solo siendo superado por junio del 2015 y 2016. (Fuente: NASA 2018)	25
Figura 7: Proyección de escenarios de forzamiento radiativo (RCP Database, 2009).....	30
Figura 8: Diagrama de Venn en base a Peterson & Martínez-Meyer (2005) y Martínez, N. (2013)	35

Figura 9: Estadísticas iniciales de la variable BIO_14 proyectada en el modelo CSIRO 3.6 al escenario RCP 8,5 al periodo 2080. Se evidencia la presencia de valores de precipitación negativos al marcar un mínimo de -55.	44
Figura 10: Sistematización de la proyección de una variable bioclimática utilizando el método delta (Buytarert et al., 2009) en modelbuilder (ARCGIS 10). Este modelo base solo resulta útil con variables correspondientes a temperatura.	45
Figura 11: Sistematización y ajuste de la proyección bioclimática de precipitación utilizando el método delta (Buytarert et al., 2009) en modelbuilder (ARCGIS 10). Se diferencia del modelo para temperaturas en la necesidad de la función CON para eliminar valores de precipitación negativos.	45
Figura 12: A: Criterios de clasificación de modelos acorde al desempeño de sus AUC medias ante manipulaciones de tamaños de muestra. B: Tabla comparativa del desempeño de los 12 SDM evaluados ante dichos criterios. Se aprecia que MAXENT es el único algoritmo que presenta no solo un alto valor medio de AUC, sino que también es el modelo que más se asemeja a un desempeño de tipo (a) en el criterio de evaluación, a pesar de ser superado en rendimiento bajo ciertas condiciones por el algoritmo (GBM). (Obtenido de WISZ et al. (2008))	46
Figura 13: Matriz de puntos virtuales de presencias obtenido desde un shapefile de cobertura vegetal, en ArcMap.	49
Figura 14: Asociación de unidades de vegetación utilizadas en el hotspot de Chile central y tipos climáticos de Köppen – Geiger. (Elaboración propia).	52
Figura 15: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona Norte Chico, escenario RCP 2.6 (A: 2030, B: 2080).....	54
Figura 16: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona Norte Chico, escenario RCP 2.6 (A: 2030, B: 2080).....	55
Figura 17: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona Norte Chico, escenario RCP 8.5 (A: 2030, B: 2080).....	56
Figura 18: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona Norte Chico, escenario RCP 8.5 (A: 2030, B: 2080).....	57
Figura 19: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona Chile central, escenario RCP 2.6:	58
Figura 20: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona Chile central, escenario RCP 2.6 (A: 2030, B: 2080)	59
Figura 21: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona Chile central, escenario RCP 8.5	60
Figura 22: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona Chile central, escenario RCP 8.5	61

<i>Figura 23: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona sur de Chile, escenario RCP 2.6 (A: 2030, B: 2080)</i>	62
Figura 24: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona sur de Chile, escenario RCP 2.6 (A: 2030, B: 2080).....	63
Figura 25: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona sur de Chile, escenario RCP 8.5 (A: 2030, B: 2080).....	65
Figura 26: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona sur de Chile, escenario RCP 8.5 (A: 2030, B: 2080).....	66
Figura 27: Modelamiento de proyección para unidad matorral desértico costero (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial.	70
Figura 28: Modelamiento de proyección para unidad matorral bajo altoandino mediterráneo tropical (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial.	71
Figura 30: Modelación de distribución vegetación a escenarios de cambio climático, Norte Chico	72
Figura 31: Modelamiento de proyección para unidad matorral arborescente mediterráneo (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial).	76
Figura 32: Modelamiento de proyección para unidad bosque caducifolio mediterráneo costero (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial.	77
Figura 33: Modelamiento de proyección para unidad matorral bajo desértico interior (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial.	78
Figura 34: Modelación de distribución vegetación a escenarios de cambio climático, Chile Central	79
Figura 35: Modelamiento de proyección para unidad bosque caducifolio templado andino (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial.	82
Figura 36: Modelamiento de proyección para unidad bosque esclerófilo interior (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial.	83
Figura 37: Modelamiento de proyección para unidad bosque siempreverde interior (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial.	84
Figura 38: Modelación de distribución vegetacional a escenarios de cambio climático, zona sur.	85

Figura 39: Transformación en composición de cuencas de Chile Central.	90
Figura 40: Transformación a semiárido de la cuenca del Río Ligua	91
Figura 41: Transformación a semiárido de la cuenca costera de los ríos Ligua y Aconcagua.....	93
Figura 42: Transformación a semiárido de la cuenca costera de los ríos Aconcagua y Maipo.	95
Figura 43: Transformación a semiárido de la cuenca costera de los ríos Maipo y Rapel.	97
Figura 44: Transformación a semiárido de la cuenca del río Rapel.	99
Figura 45: Transformación a semiárido de la cuenca costera de los ríos Rapel y Nilahue.....	101
Figura 46. gráficos de correlación entre variables comparadas (Temperatura máxima de Enero – Bio 5; Temperatura mínima de Junio – Bio 6; Precipitación normal anual – Bio 12).....	106
Figura 47. gráficos de correlación entre variables comparadas, macrorregión Norte Chico.....	108
Figura 48. gráficos de correlación de anomalías en las variables comparadas, macrorregión Norte Chico.....	109
Figura 49. gráficos de correlación entre variables comparadas, macrorregión Chile central.....	110
Figura 50. gráficos de correlación de anomalías en las variables comparadas, macrorregión Chile central.....	111
Figura 51. gráficos de correlación entre variables comparadas, macrorregión zona sur	112
Figura 52. gráficos de correlación de anomalías en las variables comparadas, macrorregión zona sur.....	113

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación climática de Köppen-Geiger y composición porcentual al interior del hotspot “Winter Chilean Rainfall-Valdivian Forest” en base a datos de Sarricolea et al (2017).....	16
Tabla 2: Agrupación de unidades de vegetación usadas por IEB-CONAMA 2010 a zonas climáticas de Köppen en Chile según Sarricolea et al (2017).	42
Tabla 3: Anomalías de temperatura para la zona Norte Chico, escenario RCP 2.6	53
Tabla 4: Anomalías de temperatura para la zona Norte Chico, escenario RCP 8.5	55

Tabla 5: Anomalías de precipitación para la zona Norte Chico, escenario RCP 8.5.....	57
Tabla 6: Anomalías temperatura para la zona Chile central, escenario RCP 2.6	58
Tabla 7: Anomalías de precipitación para la zona Chile central, escenario RCP 2.6.....	59
Tabla 8: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona Chile central, escenario RCP 8.5	60
Tabla 9: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona Chile central, escenario RCP 8.5	61
Tabla 10: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona sur de Chile, escenario RCP 2.6.....	62
Tabla 11: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona sur de Chile, escenario RCP 2.6.....	63
Tabla 12: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona sur de Chile, escenario RCP 8.5.....	64
Tabla 13: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona sur de Chile, escenario RCP 8.5.....	66
Tabla 14: Valores de identificación asignados a unidades de vegetación utilizadas	67
Tabla 15: Proyección de variación superficial (km ²) de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión Norte chico.	68
Tabla 16: Proyección de variación porcentual de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión Norte chico.	68
Tabla 17: Proyección de variación superficial (km ²) de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión Chile central.	73
Tabla 18: Proyección de variación porcentual de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión Chile central.	74
Tabla 19: Proyección de variación superficial (km ²) de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión zona sur.	80
Tabla 20: Proyección de variación porcentual de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión zona sur.	81
Tabla 21: Porcentaje de asociación a climas semiáridos y templados en cuencas de Chile Central para periodo actual (línea base).....	87
Tabla 22: Variaciones porcentuales de tipo de clima por cuenca, escenario RCP 2.6.....	88
Tabla 23: Variaciones porcentuales de tipo de clima por cuenca, escenario RCP 8.5.....	89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribución latitudinal de anomalía en variables Bio 1 y Bio 12 para escenario RCP 2.6 periodo 2030	114
Gráfico 2: Distribución latitudinal de anomalía en variables Bio 1 y Bio 12 para escenario RCP 2.6 periodo 2080	114
Gráfico 3: Distribución latitudinal de anomalía en variables Bio 1 y Bio 12 para escenario RCP 8.5 periodo 2030	115
Gráfico 4: Distribución latitudinal de anomalía en variables Bio 1 y Bio 12 para escenario RCP 8.5 periodo 2080	115
Gráfico 5: Variaciones porcentuales de tipo de clima por cuenca, escenario RCP 2.6	117
Gráfico 6: Comparación entre escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 para variable BIO 12 en periodo 2030.	117
Gráfico 7: Comparación entre escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 para variable BIO 1 en periodo 2080.	117
Gráfico 8: Comparación entre escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 para variable BIO 12 en periodo 2080.	118
Gráfico 9: Comparación de tendencias en variable BIO 1 para ambos periodos y escenarios proyectados.	118
Gráfico 10: Comparación de tendencias en variable BIO 12 para ambos periodos y escenarios proyectados.	118

1. INTRODUCCIÓN

Chile se caracteriza por poseer una alta heterogeneidad en cuanto a su topografía, biogeografía y climatología entre otros. Este contraste generado entre otros factores por la disposición latitudinal del territorio y la vicarianza dada por los límites cordilleranos y oceánicos del país, es responsable de la existencia de una zona clasificada como un hotspot de biodiversidad mundial (Myers, 2000) debido a su alta biodiversidad endémica y su estado de amenaza por deforestación, incendios forestales, pastoreo y expansión urbana. Este hotspot denominado "Winter Chilean Rainfall Valdivian Forest" o Hotspot de Chile Central abarca cerca del cuarenta por ciento de la superficie del territorio continental, y se extiende aproximadamente entre los 25,5°S y los 43,5°S (desde la región de Atacama a la región de Los Lagos).

La relación entre la localización de estos ecosistemas y la climatología produce que el fenómeno de cambio climático impacte en la distribución potencial de los ecosistemas y especies al alterar las condiciones su nicho ambiental. Lo anterior hace necesaria la estimación de cambios potenciales en la superficie de distintos tipos de vegetación en diferentes escenarios en respuesta a las anomalías climáticas ya estimadas por el panel intergubernamental para el cambio climático (IPCC) y el uso de modelos de circulación global (GCM por sus siglas en inglés) existentes a la fecha y en constante desarrollo. La relevancia de esta estimación surge de la necesidad de contar con suficientes datos e información para la elaboración de políticas y planes que apunten a la protección de los ecosistemas y unidades más vulnerables que se identifiquen.

Para realizar esta estimación se requiere contar con información de variables climáticas y su proyección en distintos escenarios de cambio climático además de la identificación de los nichos ambientales de vegetación asociados a estas variables en relación a su localización geográfica presente. Estos elementos permiten el uso conjunto de modelos de distribución de especies (SDM por sus siglas en inglés) y sistemas de información geográficos (SIG) para la estimación cuantitativa de la alteración potencial en cada unidad de vegetación, su superficie y distribución.

Este trabajo presenta los resultados de las proyecciones en los escenarios extremos de cambio climático propuestos por el IPCC (RCP 2.6, y RCP 8.5) a los periodos 2020-2049 (2030s) y 2070-2099 (2080s) para abarcar el umbral completo de proyecciones al interior del hotspot. Estos son separados por

macrozonas para su estudio y análisis: Norte Chico (regiones de Atacama y Coquimbo), Chile Central (Regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule y Biobío) y Zona Sur (Regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos). Para cada zona se entregan las estimaciones de clima a escala de comuna, de vegetación por zona, y una síntesis de transformación de ambientes templados a semiáridos en la zona central a escala de cuencas hidrográfica.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dada las condiciones actuales de precipitación y temperatura, se proyecta impactos significativos en la distribución espacial de las unidades vegetacionales en Chile, situación que ha sido corroborada mediante modelos numéricos y espaciales generados por el IPCC y DGF. Todos los estudios realizados por estas instituciones coinciden categóricamente que habrá un aumento de las temperaturas desde 1,5°C hasta 4°C a nivel global hacia finales del siglo XXI impactando significativamente en el sistema climático, los ciclos biogeoquímicos, y consecuentemente en la biósfera y la dinámica de los eventos hidrometeorológicos, lo que a su vez genera cambios en las condiciones que rigen la distribución de los elementos o sistemas que dependen de estas dinámicas. (IPCC, 2014)

En este contexto, Chile es considerado como un país “altamente vulnerable a los efectos del cambio climático” (MMA 2011) principalmente por sus características geográficas.

Por ende, este estudio pretende caracterizar la distribución potencial de las unidades vegetacionales desde el semiárido hasta la ecorregión valdiviana a partir de diferentes escenarios y periodos elaborados por el IPCC. Ya que, en términos de biodiversidad, Chile central concentra la mayor diversidad de especies de árboles, plantas epífitas, enredaderas y grupos de vertebrados e invertebrados dentro del territorio nacional, constituyéndose por ende en una ecorregión de vital importancia en términos de conservación de la biodiversidad.

Proyecciones y estimaciones de este tipo para el territorio nacional se han realizado con anterioridad. Por parte del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile (2006) se generaron proyecciones para periodos intermedios (2011-2030 y 2046-2065) en los escenarios SRES B2 y SRES A2 del IPCC AR4. Dicho informe da las bases para modelamientos climáticos en el

territorio de Chile, pero se remite solo a las variaciones climáticas y a variaciones del nivel del mar.

Dentro del mismo campo, Garreaud (2011) menciona varias de las implicancias de las proyecciones de cambio climático disponibles hasta el momento en términos de temperatura y precipitación. Dicho autor hace referencia a que este es el punto de partida para estudios similares que permitan cuantificar los efectos del cambio climático, particularmente en recursos ambientales y actividades económicas, haciendo hincapié en la necesidad de estos últimos, especialmente estimaciones de cambios de productividad agrícola y forestal para poder definir políticas apropiadas de adaptación. También hace mención que los resultados de dichas proyecciones deben ser contrastados con los datos que estuviesen disponibles en el futuro.

Minvielle & Garreaud (2011) realizan también proyecciones, específicamente para el Altiplano Sudamericano, en que muestran tendencias concordantes con otros estudios, pero haciendo énfasis en la dificultad que presenta esa área principalmente por temas de resolución en los datos de los modelos utilizados.

En la misma zona pero de forma más reciente, Sarricolea & Romero (2015) utilizan datos del IPCC AR5 para proyectar variaciones en temperatura y precipitación al escenario extremo en el periodo 2061-2080, en el cual estiman una reducción de hasta un 102% en las precipitaciones anuales en el extremo norte, mientras que estiman un aumento en temperaturas que van desde los 6°C en el extremo norte hasta menos de 2°C en el extremo sur de la zona analizada.

En el área de biodiversidad, CONAMA (IEB-CONAMA, 2010) encarga un estudio de vulnerabilidad de frente a cambio climático en la ecorregión mediterránea. Este estudio utiliza escenarios del IPCC AR4 en base a un modelo regional para estimar la variación potencial de ecosistemas dentro de esta zona. Este estudio señala un desplazamiento latitudinal de las unidades mediterráneas y templadas, señalando principalmente reducciones potenciales en las superficies de Bosque espinoso. Se especifica que los ecosistemas de Chile central son los más amenazados por el cambio climático por poseer los mayores cambios con respecto a su distribución actual. Este estudio señala entre sus principales limitantes el uso de una resolución de 5km², señalando que no se cuentan con datos climáticos suficientes para realizar dichas estimaciones con cubiertas de 1km². En este informe se hace énfasis a que la zona mediterránea del país será la más dinámica en respuesta al cambio climático, generando grandes

desplazamientos potenciales y posibles extinciones de especies en casos extremos.

Todos los estudios mencionados salvo Sarricolea & Romero (2015) utilizan datos generados por los modelos del IPCC AR4, datos que si bien son aceptables, fueron severamente mejorados en sus versiones del IPCC AR5. Estos nuevos datos de la generación actual de modelos si bien no carecen de incertidumbre puesto que se solucionan inexactitudes de modelos anteriores mediante complejizaciones, creando más incertidumbre, los modelos se hacen cada vez más exactos comparados con observaciones actuales e históricas una generación tras otra (Flato et al. 2013). En base a los datos de modelos más recientes, pero solo revisados en el sector Altiplánico, (Sarricolea & Romero (2015) estudian alteraciones estrictamente de tipo climático. El estudio de vulnerabilidad frente al cambio climático en la ecorregión mediterránea aborda el área de estudio comprendida por el hotspot de Chile central y proyecciones de ecosistemas (unidades de vegetación homologadas a ecosistemas) a los escenarios del IPCC AR4, siendo ahora factible utilizar la misma perspectiva y enfoque, pero con la disponibilidad de datos actualizados (IPCC AR5 en resolución de 1km²), siendo posible esto gracias a que se cuentan con las superficies climáticas de Pliscoff et al. (2014) que compilan la información de numerosas estaciones locales a una muy alta resolución, permitiendo realizar estos estudios a una resolución más adecuada a la heterogeneidad topográfica de Chile.

Resulta evidente que el cambio climático podría generar repercusiones en las diferentes ecorregiones del país, cambiando posiblemente la distribución potencial de las especies y ecosistemas que las componen. Por lo tanto, es necesario generar estimaciones preliminares para evaluar cambios tanto en términos de superficie como de localización. La generación de estas proyecciones en base a los modelos de mejor desempeño, permitirán conocer las variaciones al interior del territorio continental de Chile y del sector específico estudiado; tanto de los cambios del clima como también de su impacto sobre la distribución de la vegetación hacia fines de siglo. Esto podrá ser un aporte no solo a la academia, sino que también a la toma de decisiones en términos de biodiversidad, conservación, e indirectamente a la planificación de áreas protegidas y actividades económicas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- La presente investigación busca caracterizar las unidades de vegetación en tres escalas espaciales (comuna, macrorregión, cuenca) desarrolladas entre los 25° y los 47° de latitud sur, a partir de los escenarios propuestos por el IPCC5 para los periodos 2020-2049 y 2070-2099.

3.2. Objetivos específicos

1.- Analizar los patrones de variación de precipitación y temperatura en Chile entre los 25°S y los 47°S, para los periodos 2020-2049 y 2070-2099, en los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 para caracterizar las unidades de vegetación.

2.- Determinar la distribución espacial de la vegetación en Chile entre los 25°S y los 47°S para los periodos 2020-2049 y 2070-2099, correspondientes a los escenarios, RCP 2.6 y RCP 8.5.

3.- Caracterizar la transformación bioclimática de Chile Central desde un bioclima mediterráneo a un bioclima semiárido a nivel de cuenca para los periodos 2020-2049 y 2070-2099 correspondientes a los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 de cambio climático.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio (Figura 1) en la presente investigación corresponde la zona comprendida dentro del hotspot “Chilean winter rainfall-Valdivian forest” (Myers et al. 2000), el que está mayoritariamente presente en el territorio chileno. Este hotspot se encuentra en el territorio continental de Chile entre los 25°S y los 47°S, abarcando las macro regiones “Norte Chico”, “Chile Central”, “Zona Sur”, correspondiendo a las regiones de Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O’Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

4.1. Caracterización climática general del área de estudio

El área de estudio según la tipología climática de Sarricolea et al (2017) adaptada de la clasificación de Köppen-Geiger presenta los siguientes tipos de clima (Tabla 1 y Figura 2):

Clima tipo árido (B) progresando latitudinalmente a climas de tipo templado (C), acompañados de climas polares (E) por efecto de altura en las zonas andinas. Los porcentajes de composición son 25% para climas B, 63% para climas C y 12% para climas E.

La composición porcentual de los tipos de clima al interior del hotspot queda como sigue:

Tipo	Clima	Porcentaje
BSk	Clima semiárido	20,1
BWk	Clima desértico frío	5,1
Cfb	Clima templado lluvioso	19,6
Cfc	Clima templado lluvioso frío	2,4
Csb	Clima mediterráneo de lluvia invernal	35,1
Csc	Clima mediterráneo frío de lluvia invernal	4,7
ET	Clima de tundra	13,0

Tabla 1. Clasificación climática de Köppen-Geiger y composición porcentual al interior del hotspot "Winter Chilean Rainfall-Valdivian Forest" en base a datos de Sarricolea et al (2017).

Hotspot "Chilean winter rainfall valdivian forest"

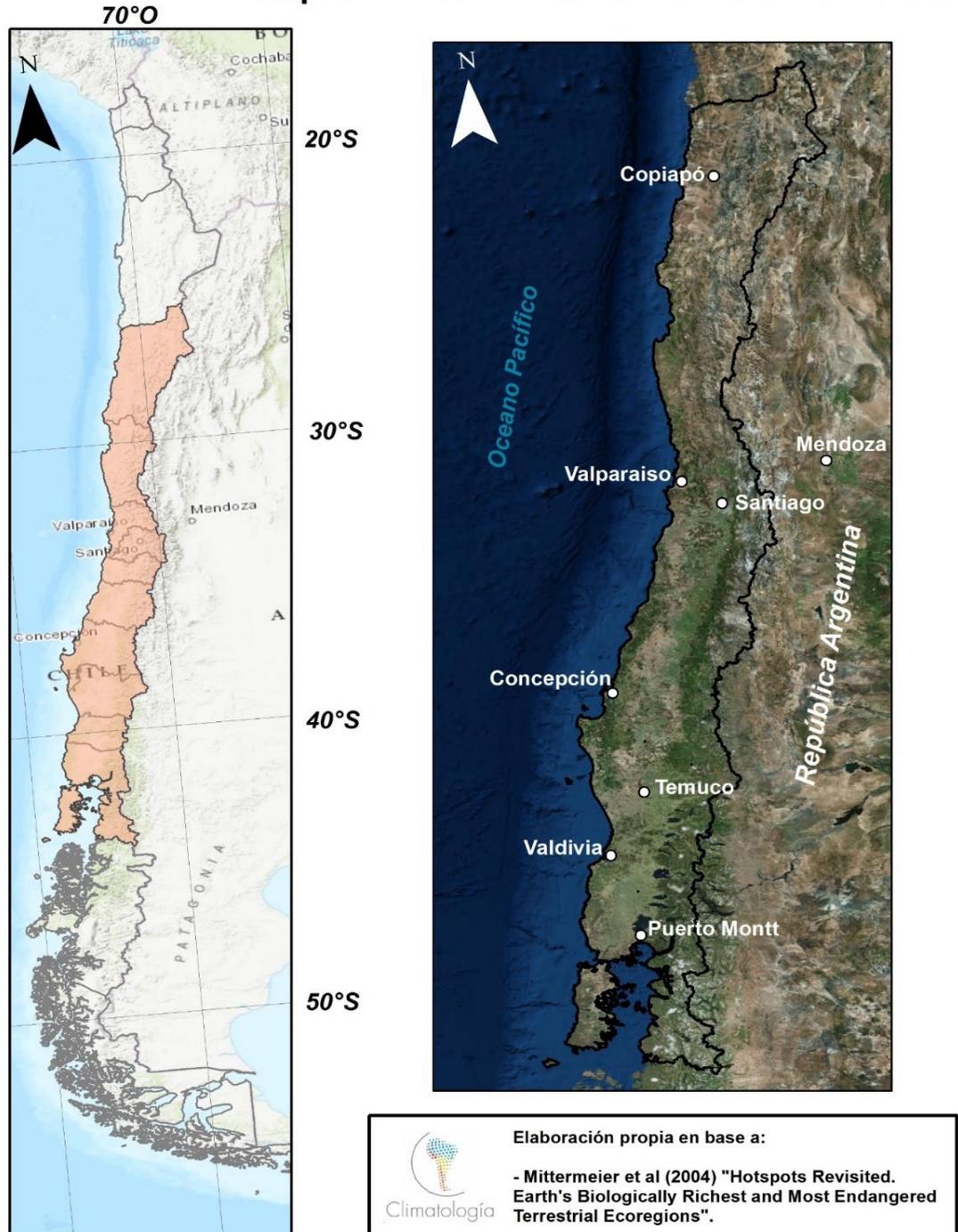


Figura 1. Localización del hotspot "Chilean Winter Rainfall Valdivian Forest"

Clasificación climática de Köppen - Geiger para Hotspot "Chilean winter rainfall valdivian forest"

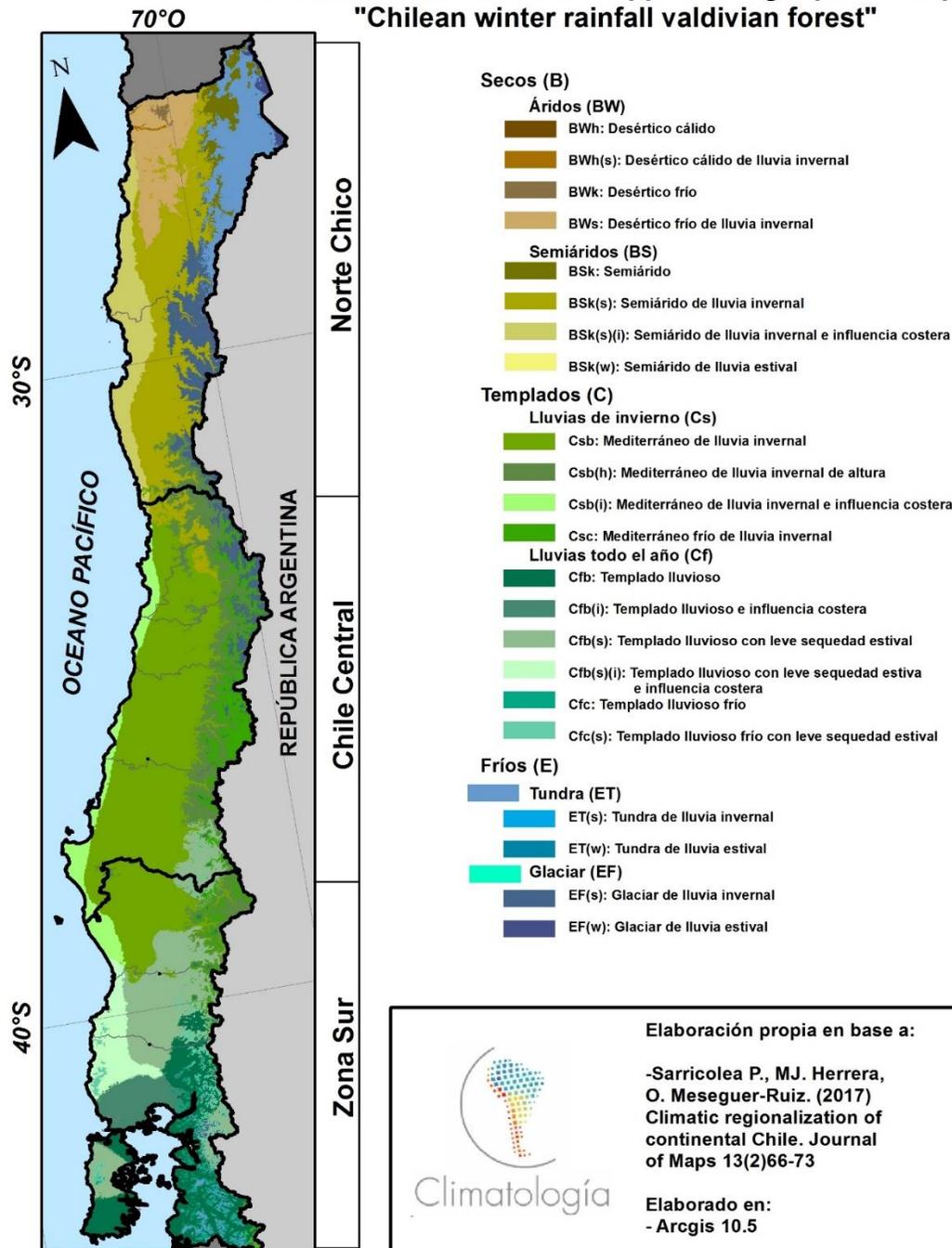


Figura 2. Distribución de la clasificación climática de Köppen-Geiger en el hotspot "Chilean Winter Rainfall-Valdivian Forest" (Elaboración propia).

4.2. Caracterización vegetal del área de estudio.

Según la caracterización propuesta por Gajardo (2002), el área de estudio presenta las siguientes zonificaciones vegetacionales (Figura 3):

4.2.1. Zona Norte Chico

El norte chico de Chile está caracterizado por la presencia de matorrales desérticos hasta los 31,5°S y hacia el sur de este límite geográfico predominan en el paisaje las formaciones de matorral espinoso, matorral arborescente y bosque esclerófilo. Por otro lado, en la zona andina se observa la presencia de matorrales bajos y herbazales de altitud, destacando el *Atriplex sp* (*imbricata* y *deserticola*), *Skytanthus acutus* (cuernecillo) en las zonas interiores, *Adesmias sp* (*subterranea*, *echinus* e *hystrix*) en las zonas de mayor altitud y *Heliotropium stenophyllum* (Palito negro) en la zona costera. En cuanto a las cactáceas, predominan los géneros *Copiapoa sp* y *Eriosyce sp* (Gajardo, 2002).

4.2.2. Chile Central

La zona de Chile Central se caracteriza por exhibir especies espinosas en las áreas interiores (depresión central) hasta aproximadamente los 36°S y en los sectores costeros solo hasta los 34°S. Para el caso del bosque esclerófilo y el bosque caducifolio se observa este se desarrolla en la costa y en las zonas andinas desde los 35°S, y hacia el interior a partir de los 37,5°S). Cabe señalar que tanto los matorrales bajos como los herbazales de altitud se desarrollan de igual forma en las zonas andinas, pero en menor proporción que en el norte chico.

A continuación se mencionan las especies más características y dominantes de la zona de Chile Central, que corresponden a: *Cryptocarya alba* (peumo), *Luma apiculata* (arrayán), *Drimys winteri* (canelo), *Quillaja saponaria* (quillay), *Lithraea caustica* (litre) y *Peumus boldus* (boldo). Las zonas de bosque caducifolio tienen presencia del género *Nothofagus sp*, entre estas *Nothofagus macrocarpa* (roble de Santiago), *Nothofagus glauca* (hualo), *Nothofagus obliqua* (roble) y *Nothofagus alpina* (raulí).

4.2.3. Zona Sur

La zona sur se caracteriza por bosques altamente heterogéneos conocidos como bosques valdivianos o selva valdiviana los cuales cuentan con la presencia de bosques caducifolios tanto en las zonas interiores como así también en parte de las zonas andinas. Con respecto con los bosques laurifolios, estos se localizan principalmente en el sector costero y parte de los sectores interiores entre los 39°S y 41°S; observándose en el paisaje especies correspondientes al bosque siempreverde desde los 41°S hasta los 47°S. Las especies más características

de la zona sur son: *Nothofagus alpina* (raulí), *Nothofagus obliqua* (roble), *Nothofagus dombeyi* (coigüe), *Nothofagus nitida* (coigüe de Chiloé), *Laureliopsis philippiana* (tepa), *Laurelia sempervirens* (laurel), *Gevuina avellana* (avellano), *Lapageria rosea* (copihue), *Luma apiculata* (arrayán), *Eucryphia cordifolia* (ulmo), *Amomyrtus luma* (luma) y *Drimys winteri* (canelo).



Figura 3: Caracterización vegetacional al interior del hotspot "Chilean Winter Rainfall Valdivian Forest" (elaboración propia en base a Gajardo 1994).

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Cambio Climático

La ONU en el año 1992 en su convención marco sobre el cambio climático definió este término como:

“Cambio del 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 periodos de tiempo comparables”. (ONU, 1992). La ONU hace una distinción entre variabilidad natural del clima, y cambio climático de origen antropogénico, directo o indirecto; haciendo notar que el antropogénico intensifica o aumenta el proceso natural de variación climática.

Posteriormente, en el quinto reporte de IPCC (2013) se exponen múltiples evidencias sobre el cambio climático. En éste se señala como primera línea que la evidencia tanto de observaciones In Situ, como del análisis de testigos de hielo, indican un aumento sustancial de gases de efecto invernadero en la atmósfera en los últimos 200 años; mientras que las observaciones de temperatura terrestre y oceánica muestran un aumento inequívoco en los últimos 100 años. El acceso a imágenes de satélite evidencia una reducción indiscutible de las masas de hielo glaciar en todo el mundo en los últimos 30 años. Estas observaciones provienen de publicaciones revisadas por pares, en grupos de estudio de múltiples países, con diferentes métodos, tecnologías, tipos de datos y procesos; resultando en una amplia gama de observaciones con respecto al cambio climático en todo el planeta. (Cubasch et al. 2013).

La segunda línea planteada en dicho reporte corresponde a los modelos numéricos y conceptuales del sistema climático terrestre. Si bien estos se encuentran limitados por el nivel de desarrollo tecnológico (computacional) y de entendimiento científico, distan de ser perfectos. Estos modelos se basan en métodos que cuantificar impactos en diferentes escenarios y rangos temporales. Estos modelos se alimentan del conocimiento científico existente sobre el sistema climático terrestre, así como del entendimiento actual de las leyes de la física, química y biología. Estas modelaciones han sido satisfactorias para representar el sistema climático terrestre actual al igual que sus retrospecciones paleoclimáticas, siendo concordante en gran medida con los datos existentes hoy sobre las condiciones pasadas y actuales. Su potencial radica en la capacidad

de proyectar hipótesis en diversas condiciones, obteniendo así estimaciones cuantitativas de los cambios producidos por diferentes acciones y variables. (Cubasch et al. 2013).

Como tercera línea, se plantea el uso de métodos para obtener información cuantitativa sobre las características del sistema terrestre anteriores a las documentadas por instrumentos, como son los anillos de los árboles, testigos de sedimentos marinos, testigos de hielo, etc. Estas fuentes de información contribuyen a entregar información tanto en escalas locales como globales, sobre la composición de la atmósfera en tiempos pasados, su variabilidad temporal, y la respuesta del sistema a forzamientos de origen externo (erupciones volcánicas, actividad solar, etc.), permitiendo contextualizar los cambios climáticos actuales dentro de la perspectiva de las variaciones climáticas naturales. (Cubasch et al. 2013).

Particularmente, el IPCC (2013) señala que, para el caso de la atmósfera, las últimas décadas han sido consecutivamente más cálidas, particularmente más que en cualquier otra década de los últimos 160 años (Figura 4), siendo el periodo 1983-2012 el periodo de 30 años más cálido en 1.400 años en el hemisferio norte. En el caso del océano, se señala que este es donde se almacena la mayoría del incremento de energía del sistema climático, siendo cerca del 90% de la energía acumulada entre 1971 y 2010. Se señala que es virtualmente seguro que la capa superficial del océano (entre los 0 y los 700m) se ha calentado a una tasa de 0,11°C por década aproximadamente en los últimos 30 años, y que probablemente se ha calentado también entre 1870 y 1970 (Figura 5). (IPCC 2013)

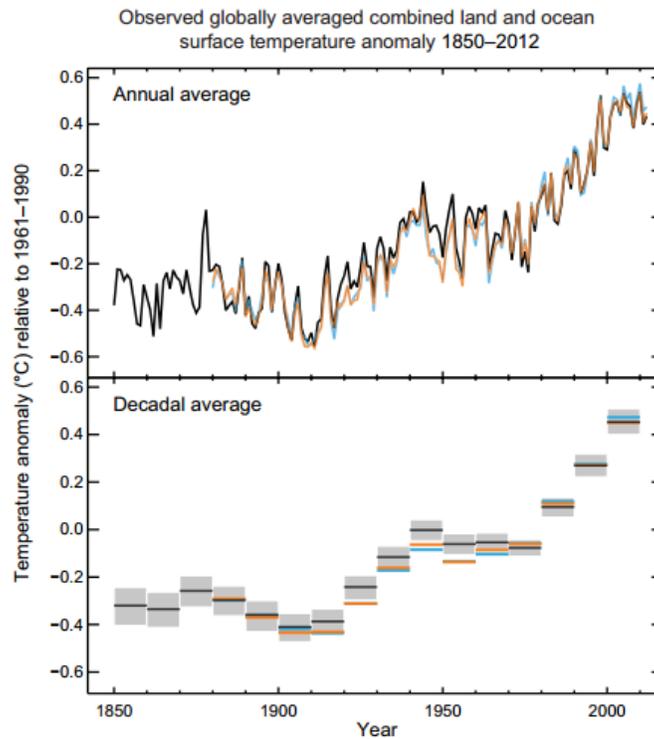


Figura 4: Anomalia media combinada de temperatura superficial terrestre y marítima entre 1850 – 2012. Obtenido de (IPCC 2013).

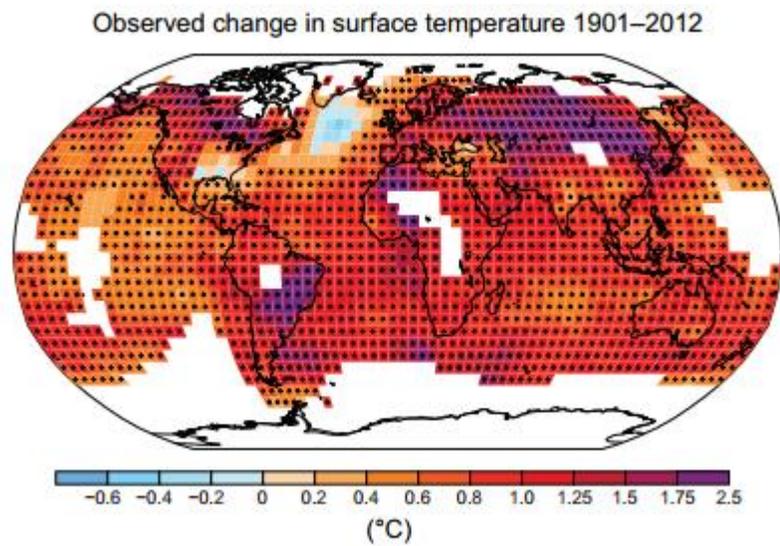


Figura 5: Variación de temperatura superficial entre 1901 y 2012. Obtenido de (IPCC 2013)

En el caso de la criósfera, se señalan pérdidas de masa en las capas de hielo antártico y de Groenlandia, así como de reducción de glaciares de forma global a una tasa estimada de 226 Gt yr⁻¹ entre el periodo 1971 - 2009, y de 275 Gt yr⁻¹ entre el periodo 1993 - 2009; además de la reducción de la cobertura de nieve invernal en el hemisferio norte a una tasa estimada de 11,7% por década, en el periodo 1967 – 2012 (IPCC, 2013).

El nivel del mar evidencia un aumento desde mediados del siglo XIX a una tasa superior que el resto de los últimos dos milenios. Particularmente, en el periodo 1901 - 2010, el nivel medio del mar aumentó 0.19m aproximadamente (IPCC, 2013).

Las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido de nitrógeno han mostrado aumentos sin comparación en al menos los últimos 800.000 años. El aumento de las concentraciones de dióxido de carbono es de un 40% aproximadamente, si se compara con la era preindustrial. Este aumento de dióxido de carbono ha significado la acidificación del océano, debido a la absorción de este de las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono (IPCC, 2013).

Por su parte, en enero del 2017, el Centro Nacional para Información Ambiental del NOAA en Estados Unidos reporta que el año 2016 fue el año más cálido en registro desde 1880, presentando una temperatura de 1,1°C promedio por encima de la media del siglo XX. Ese año además no solo alcanzó una media general récord, si no que ocho de los doce meses del año registraron sus temperaturas más altas del registro histórico (de Enero a Septiembre, con excepción de Junio. Octubre y noviembre de ese año quedaron segundos solo por los records del 2015). La publicación también reconoce que el fenómeno de El Niño estuvo presente durante gran parte del 2015 y del primer trimestre del 2016, por lo que los investigadores estiman que incrementó la anomalía térmica del 2016 en 0,12°C. Si bien este fenómeno ayudó a que el año 2016 rompiera los records de temperatura, no es responsable de la tendencia general de records consecutivos año tras año. (NOAA, 2017). El año 2018 mantuvo la tendencia de los años anteriores, solo siendo superado por los años 2015 y 2016 (NASA, 2018) (Figura 6)

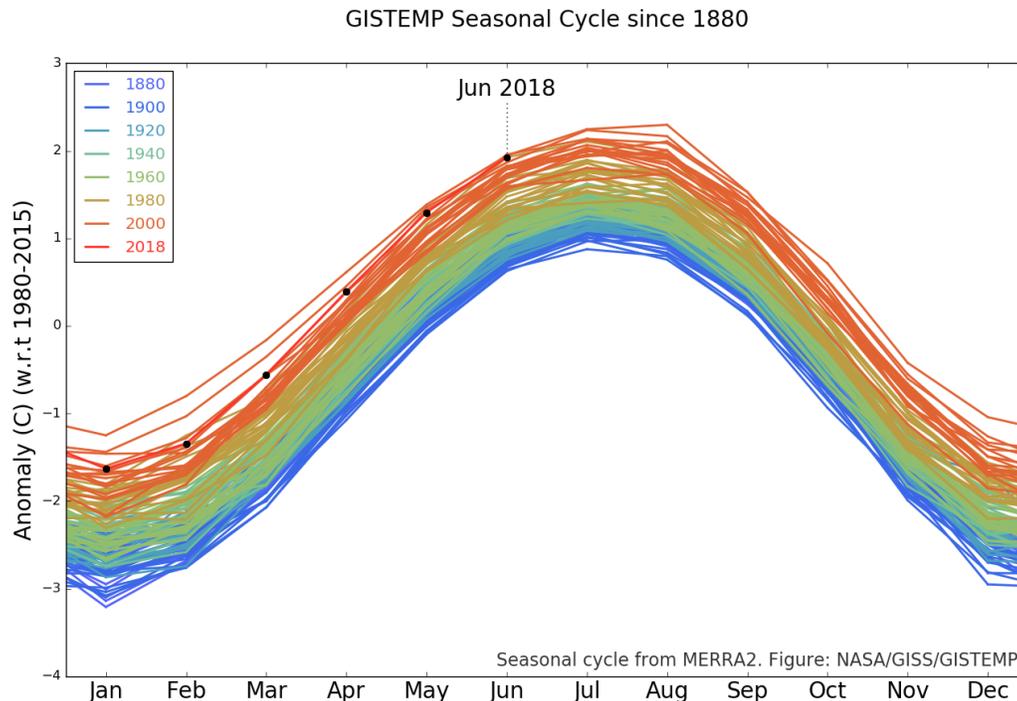


Figura 6: Junio del año 2018 es el tercero más cálido de los 138 de registros modernos, solo siendo superado por junio del 2015 y 2016. (Fuente: NASA 2018)

En el contexto local, Garreaud (2011) también hace mención que existe un cambio climático de muy larga data y asociado a diferentes fenómenos, la mayoría de estos de tipo natural. Diferenciando la variabilidad climática de los "cambios del sistema climático debido al incremento de la concentración de gases con efecto invernadero (GEI)" especificando que estos debiesen ser referidos como "Cambio climático debido al incremento de efecto invernadero de origen antropogénico", pero que es utilizado de forma común para referirse a este último el término "cambio climático".

5.1.1. Cambio Climático en Chile

Para el caso de Chile, el Ministerio de Medio Ambiente el 2011 afirma que el país se encuentra catalogado como "altamente vulnerable a los efectos del cambio climático" ya que cuenta con áreas de borde costero de baja altura; con zonas áridas, semiáridas; zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro

forestal; es un país propenso a desastres naturales de tipo hidrometeorológico; presenta zonas propensas a la sequía y la desertificación; presenta zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica; y zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los sistemas montañosos (MMA 2011, 2013). El mismo MMA señala que Chile "no es un país emisor de gases de efecto invernadero relevante", debido a que existe una captura mayor de estos gases que la producida por la industria por parte de los bosques del país. Este hecho deja en evidencia la relevancia del estudio de estos bosques y su distribución bioclimática, debido tanto al rol que juegan como factor dentro de los ciclos biogeoquímicos, como a su vez por la vulnerabilidad que presentan a las alteraciones del sistema climático. (CONAMA, 2008). Producto de lo anterior, el país cuenta con un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), cuya última revisión corresponde al año 2014.

Garreaud (2011) por su parte menciona que, desde la década de 1980 en adelante, existe un calentamiento general en la zona de los valles centrales y la Cordillera de los Andes que llega a los 0,25°C anuales, contrastando con un enfriamiento paulatino en el sector costero y del océano, que alcanza los -0,15°C anuales. Se menciona que esta tendencia es significativa solo desde el Biobío hacia el norte, y que solo representan por si solos la tendencia de los últimos 30 años. Este enfriamiento mencionado anteriormente es mostrado como compatible con un calentamiento global por efecto de gases de efecto invernadero, apoyándose en Farvey & Garreaud (2009), donde se asocia este enfriamiento a un aumento de los vientos del sur por una expansión en esa dirección del anticiclón subtropical del Pacífico sur oriental, lo que dichos autores relacionan directamente a un calentamiento global.

En el caso de las precipitaciones, Garreaud (2011) hace referencia a la dificultad de su cuantificación debido a una elevada variabilidad interanual, pero que esperan disminuciones de hasta -100mm por década en el sector de Valdivia (40°S). Se especifica que las variaciones esperadas para el sector de Chile central no proyectan alteraciones que sobresalgan de la variabilidad natural de la región.

En términos de proyección a futuro, Garreaud (2011) muestra estimaciones hacia el periodo 2070-2100 en el escenario A2 del IPCC AR4 (señalado como "peor caso" entre los escenarios posibles de cambio climático). La temperatura superficial del aire tendería a un aumento en el sector oceánico de entre 0,5°C a 1°C, mientras que en la Cordillera de los Andes este aumento alcanzaría los 5°C,

particularmente en los sectores nortinos. La precipitación por su parte tendería a disminuir en el sector centro-sur, destacándose la franja entre Biobío y Los Lagos, en que dicha disminución alcanzaría hasta 1.000 mm, aunque también señala posibles aumentos en la costa austral y en el Altiplano.

Concordante con todo lo anterior, Rivera & Bown (2007, 2013) reportan un retroceso general en glaciares de volcán entre los 37°S y los 46°S, en que si bien se asocia de inmediato el retroceso de varios glaciares a episodios de erupción volcánica (principalmente en los volcanes Villarrica, Hudson, Chillán y Chaitén), también hace mención a que responden a disminuciones en las precipitaciones, particularmente en los 39°S donde reportan una variación de -450 mm en los últimos 70 años, en conjunto con las variaciones de temperatura relacionadas con un aumento en frecuencia e intensidad del fenómeno del Niño Oscilación del Sur desde la década de 1970.

En vista de estos elementos, el año 2015 se materializaron numerosas iniciativas de orden jurídico en el país asociadas al cambio climático, tales como la “Declaración de Alcaldes ante el Cambio Climático”, la formación de una “Bancada Climática” por parte de un grupo de diputados y senadores; así como una propuesta de marco legal e institucional para abordar el cambio climático en Chile, la que apunta a evidenciar la necesidad de una ley sobre cambio climático en el país. Estos elementos no hacen más que ratificar y reconocer la existencia del cambio climático y la relevancia que tiene para el país en su presente y futuro.

En diciembre de dicho año se realiza la Cumbre del Clima en París (COP21) alcanzando un acuerdo histórico, fijando como meta no superar los 2°C de aumento de temperaturas hacia fines del siglo XXI. Dicho acuerdo fue alcanzado por 196 países, siendo vinculante jurídicamente para dichos países, lo que le da por primera vez un reconocimiento político y jurídico al cambio climático como un fenómeno real e innegable, siendo Chile parte de este acuerdo. En la misma línea, el país tomó el compromiso de reducir en un 30% por unidad de PIB sus emisiones de CO₂ al año 2030 con respecto a los niveles de emisión al año 2007. (MMA 2015)

Por otro lado, dentro de los estudios más recientes, Santibañez et al. (2016) generó una base sólida para caracterizar el clima de cada comuna y subcomuna del país con la finalidad de establecer sectores homogéneos al interior de estas utilizando para ellos dos variables, la primera de ellas referida a la temperatura y la segunda, a las precipitaciones, cada una estudiada en diferentes periodos del

año, (Tabla 2) obteniendo una proyección para territorio nacional al periodo 2050 en el escenario RCP 8.5 a escala de comuna.

Abreviatura	Variable
TXE	Temperatura máxima estival (máxima media del mes más cálido, ENERO)
TNE	Temperatura mínima estival (mínima media del mes más cálido, ENERO)
TXJ	Temperatura máxima invernal (máxima media del mes más frío, JULIO)
TNJ	Temperatura mínima invernal (mínima media del mes más frío, JULIO)
Temed	Temperatura media del periodo estival
Timed	Temperatura media del periodo invernal
PPA	Precipitación normal anual
PPA MIN	Precipitación anual más baja en cada subcomuna
PPA MAX	Precipitación anual más alta en cada subcomuna

Tabla 2: Parámetros usados en la caracterización climático

Fuente: Santibañez (2016).

5.1.2. Escenarios de Cambio Climático

En su más reciente revisión, el IPCC generó diversos escenarios de "trayectorias de concentración representativas" (RCP), los que representan los ya nombrados forzamientos radiativos, expresados en watts por metro cuadrado para el año 2100, comparados con los valores anteriores a la era industrial.

Estos escenarios no son nuevos, si no que recogen la narrativa de los escenarios usados en AR4 (IPCC, 2007), englobándolos en sus características y

centrándose en la respuesta del sistema climático, más que en las medidas que se toman o como se llegó a dicho escenario (WMO, 2014).

Existen cuatro RCP, ordenados de menor a mayor severidad (Figura 7) :

El escenario RCP 2.6, fue desarrollado por el equipo de modelamiento IMAGINE, de la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos. Esta curva engloba los escenarios que llevan a bajas concentraciones de gases de efecto invernadero. Se caracteriza por alcanzar un peak de 3,1 W/m² a mediados de siglo, para luego descender y estabilizarse en 2,6 W/m² a finales de siglo.

El escenario RCP 4.5 es desarrollado por el equipo de modelamiento MiniCAM, del Pacific Northwest National Laboratory's Joint Global Change Research Institute (JGCRI). Esta curva de forzamiento plantea un aumento de las emisiones sin sobrepasar los 4,5 W/m², estabilizándose en este valor a finales de siglo.

El escenario RCP 6.0 es desarrollado por el equipo de modelamiento AIM, del Instituto Nacional para Estudios Ambientales de Japón (NIES). Esta curva de forzamiento plantea un aumento de las emisiones sin sobrepasar los 6 W/m², estabilizándose en este valor a finales de siglo.

El escenario RCP 8.5 es desarrollado por el equipo MESSAGE y por el Marco de Evaluación Integrada IIASA, del Instituto Internacional para la Aplicación de Sistemas de Análisis (IIASA) en Austria. Se caracteriza por un aumento que alcanza los 8,6 W/m² hacia el año 2100, sin llegar a una estabilización visible.

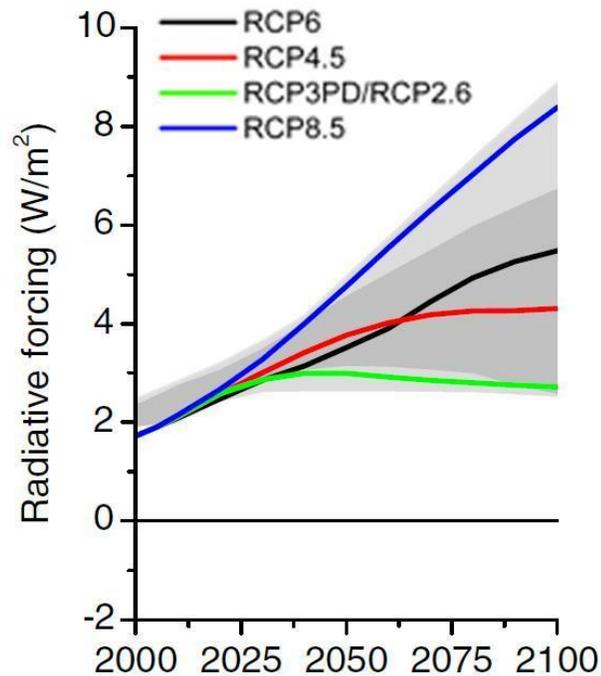


Figura 7: Proyección de escenarios de forzamiento radiativo (RCP Database, 2009)

Cada uno de estos escenarios es un conjunto de proyecciones de los elementos que componen un forzamiento radiativo, sirviendo como input para los modelamientos atmosféricos. Por lo tanto, estos escenarios carecen de carácter predictivo con respecto a variaciones en usos de suelo, emisiones, o el cambio climático en sí. Tampoco son prescripciones sobre políticas adoptadas o por adoptar, y solo tienen el valor científico de simular el nivel de forzamiento energético del sistema. Por lo tanto, no representan un futuro específico con respecto a las políticas climáticas adoptadas (o no adoptadas), o viabilidades tecnológicas, económicas o políticas. (WMO, 2014)

Este cambio climático, es impulsado por un "forzamiento radiativo" positivo, el cual significa la presencia de una perturbación al balance radiativo del sistema climático de la tierra. Esta variación ha conllevado una absorción general de energía por el sistema climático, generando los efectos ya mencionados. El IPCC en el mismo documento señala que la principal contribución a este forzamiento radiativo, proviene del aumento de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera que se viene produciendo desde 1750, pero con especial énfasis en el último siglo. (IPCC, 2013)

Resultado de esto, y a modo general, para la mayoría de los escenarios proyectados al año 2100, se estima un aumento de las temperaturas partiendo desde los 1,5°C; llegando o superando los 2°C en varios de ellos. Este aumento general de las temperaturas no podría dejar indiferente a ninguno de los elementos que componen el sistema terrestre en su complejidad, siendo tocados por esto primero los sistemas físicos (biósfera, atmósfera e hidrósfera) mediante la alteración de los ciclos biogeoquímicos. (IPCC, 2014)

5.2. Modelos de circulación global (GCM)

Los Modelos de Circulación General (o Global) son modelos matemáticos que representan procesos físicos de la atmósfera, el océano y otros subsistemas del sistema tierra. Su uso principal es la simulación de la respuesta del sistema climático al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero a nivel global. Garreaud (2011) se refiere a estos como "*(...) modelos numéricos de la atmósfera que capturen la dinámica de la circulación atmosférica y los procesos de intercambio de energía, masa y momentum con la superficie.*"

La característica principal y fortaleza de los modelos globales, es que se basan en principios y leyes físicas comprobadas y aceptadas (como lo son las leyes de conservación de masa, energía y momentum, por ejemplo), lo que le da una primera base de seguridad en su funcionamiento y resultados.

Estos modelos, si bien lo que buscan es lograr generar información cuantitativa sobre el clima futuro, han logrado reproducir aspectos esenciales de variabilidad climática, como son el avance y retroceso de sistemas monzónicos, variaciones estacionales de temperatura, etc.

Algunos modelos han sido usados a modo de prueba para predicciones estacionales, mostrando éxito en representar los elementos principales de la circulación atmosférica general en escalas temporales reducidas. Esto, junto con la reproducción de variaciones climáticas pasadas a escala de miles de años, donde se han logrado obtener las magnitudes y patrones generales del enfriamiento oceánico en la última glaciación; y también al éxito en simular variaciones dentro de rangos de tiempo comparables con observaciones registradas (variaciones de temperatura del último siglo, la velocidad de aumento de temperatura nocturna por sobre la diurna, o el enfriamiento general de corto plazo posterior a una erupción volcánica de gran magnitud, entre otros); dan un

nivel de fiabilidad adicional a los modelos por obtener resultados comparables y coherentes con las estimaciones y mediciones realizadas mediante otros métodos y áreas, particularmente los registros existentes en las últimas dos décadas. (Flato et al., 2013)

Estos modelos, involucran una serie de pasos clave que todos tienen en común:

- Representación matemática de los principios físicos del sistema
- Implementación de esta representación matemática, a un sistema computacional.
- Construcción de modelos conceptuales para los procesos que no pueden ser representados de forma explícita, tanto por su complejidad (procesos bioquímicos en la vegetación) o porque la escala espacio/temporal en que ocurren no es cubierta por las ecuaciones de discretizadas del modelo. (Flato et al., 2013)

Sin embargo, los modelos globales adolecen de una serie de limitaciones y errores, los que si bien han ido siendo corregidos en el tiempo, aún son elementos a ser considerados cada vez que se trabaja con estos.

Las principales limitaciones tienen un primer origen en el factor de escala. Aunque los modelos globales tienen éxito en representar fenómenos generales de escala global, su resolución es extremadamente gruesa para el estudio de fenómenos regionales y más aún locales.

Por ende, fenómenos locales no pueden ser incluidos directamente en los modelos, y su representación depende de la interrelación que tengan estos fenómenos locales con los fenómenos globales.

Este tipo de debilidades se debe tanto a limitaciones de nivel computacional, como a falta de entendimiento científico, y/o falta de observaciones detalladas suficientes.

Otro tipo de debilidad radica en fenómenos de gran escala que no han logrado ser incorporados de forma completamente satisfactoria en los modelos, tal como son las precipitaciones tropicales, la Oscilación de Madden y Julian, y la Oscilación del Sur El Niño.

Finalmente, para lograr que los componentes de un modelo concuerden con observaciones globales y con otros elementos que sean considerados importantes en la correcta representación del sistema atmosféricos terrestre, sus parámetros deben ser ajustados. Esto conlleva a que el modelo esté sujeto a un factor de "criterio" utilizado por quien realiza este ajuste. Con pocas excepciones, los centros de modelamiento no describen en detalle los métodos por los cuales realizaron estos ajustes (tuning) a los modelos. (Flato et al, 2013)

Para remediar parcialmente estas debilidades, principalmente las asociadas a escala, se han desarrollado modelos regionales, además de técnicas de downscaling, las que permiten realizar estudios y predicciones de nivel regional y local con mejor precisión.

Cabe destacar que los modelos han tenido mejoras constantes de la mano del avance de la tecnología y el progreso del entendimiento científico sobre el sistema atmosférico, las cuales van en el sentido de lograr incorporar más variables, haciendo que los modelos sean más completos. De igual manera, las mejoras avanzan en el sentido de mejorar la resolución espacial de los modelos, lo que si bien no implica necesariamente mayor precisión en los macro-procesos del sistema, si permite trabajar con mejor detalle cada área de estudio, y cuantificar mejor efectos y cambios. (Randall et al, 2007).

5.3. *Distribución espacial de la vegetación*

5.3.1. El concepto de nicho

Nicho, como concepto, se refiere de manera general al lugar que ocupa una especie. Numerosos autores han definido y debatido este concepto, del que se acredita a Grinnell (1917) su primera utilización, en que definió que la localización de una especie estaba definida por las características ambientales de la zona en que se emplazaba. Grinnell vinculaba una relación de causalidad entre las condiciones principalmente climáticas y los requerimientos de la especie estudiada a la distribución geográfica que dicha especie tenía. Por otra parte, Elton (1927) definía que el lugar de una especie no estaba determinado por su ambiente, si no por el rol que cumplía dentro de su ecosistema, y las interrelaciones que mantenía con otras especies que facilitaban o amenazaban su supervivencia y reproducción. Hutchinson (1957) por otra parte, dijo que el nicho de una especie era un espacio n-dimensional en que se involucraban "n"

variables bióticas, abióticas y ambientales que interactuaban con la especie; y que el hipervolumen de dicha representación n-dimensional era el nicho en cuestión.

Los intentos de vincular la localización de especies a variables cuantificables ha sido un objetivo del que se tienen los antecedentes de Grinnell (1917), Johnson (1924), Elton (1927) y Hutchinson (1957) entre otros. En las últimas décadas esta interrogante se ha abordado utilizando las herramientas tecnológicas y de análisis disponibles con el avance de la computación, permitiendo el surgimiento de los Modelos de Distribución de Especies (Species Distribution Model, SDM en inglés) también conocidos como modelos de nicho, o modelos de idoneidad de hábitat.

El funcionamiento de estos modelos de distribución está cercanamente vinculado al concepto de nicho (Hirzel & Le Lay, 2008); por lo que la utilización de estos modelos requiere una revisión de este concepto y sus acepciones.

Por tanto, la teoría de nichos tiene varias componentes que requieren de ser aclaradas:

Existe un **Nicho Fundamental** o Nicho Grinnelliano, que se refiere a las localizaciones que cumplen con los requerimientos ambientales que permitan la supervivencia y reproducción de una especie. Este nicho no considera las relaciones con otras especies ni la capacidad real de la especie estudiada de alcanzar dicho lugar. Por tanto, se entiende que pueden existir nichos fundamentales de una especie, que no se encuentren ocupados por esta. (CITA)

Existe por otra parte el **Nicho Eltoniano**, que se refiere a la relación de la especie estudiada con otras especies de su ecosistema. Este nicho se refiere a las relaciones de competencia, depredación, parasitismo, comensalismo y mutualismo que facilitan, dificultan o impiden la supervivencia y reproducción de una especie en un ecosistema. (CITA)

El **Nicho Realizado** por tanto, se entiende como el espacio en común en que el Nicho Fundamental y el Nicho de Elton coinciden, siendo entonces el lugar en que se cumplen los requerimientos ambientales para la especie, a la vez que las interrelaciones con las otras especies dan el espacio a que esta sobreviva y se reproduzca. Se suele aceptar la premisa que este nicho es el modelado por los SDM.

Sin embargo, incluso un nicho realizado puede existir y no estar ocupado por una especie, ya que esta no tiene las condiciones de movilidad para acceder a dicho lugar, o porque existen barreras geográficas que impiden su llegada y emplazamiento (grandes cuerpos de agua, montañas, etc.).

Por lo tanto, si se ve desde la perspectiva de la teoría de conjuntos (Figura 8), la localización de una especie está en la intersección de su nicho realizado, con los espacios a los que le resulta posible acceder geográficamente dada sus posibilidades y características de desplazamiento y propagación.

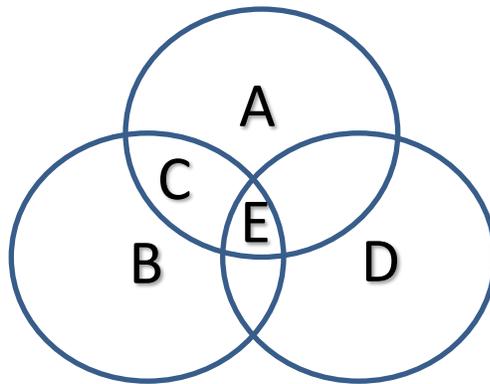


Figura 8: Diagrama de Venn en base a Peterson & Martínez-Meyer (2005) y Martínez, N. (2013)

El nicho realizado (C) sería la intersección de las condiciones ambientales que permiten la supervivencia y reproducción una especie (nicho fundamental, A); con las interrelaciones que esta especie presenta con otras que faciliten o amenacen su supervivencia (nicho de Elton, B). Esta intersección, está limitada por condiciones de accesibilidad y barreras geográficas que permiten o impiden que una especie alcance determinados lugares (D), siendo entonces la localización real de una especie, el lugar donde se intersectan estas tres consideraciones (E).

Existen, sin embargo, una serie de principios y supuestos que también se deben considerar, pues son la base del empleo de los SDM.

5.3.2. Principio de conservación de nicho

El principio de conservación del nicho es definido como la mantención de las características ecológicas relacionadas al nicho por parte de una especie (Wiens et al., 2010). Este principio fue planteado por Harvey & Pagel (1991) y desde entonces es utilizado en todos los estudios que involucran determinación de nicho. Wiens & Graham (2005) hicieron una revisión general sobre conservación

de nicho, enfocada en la tolerancia de las especies a las características ambientales que limitaban su distribución. Pearman et al. (2008) hace esta revisión también, pero estrictamente a los SDM.

Se considera que un nicho, para modificarse o evolucionar, las nuevas condiciones que lo gobiernen no pueden ser muy lejanas que las del nicho original, y que en caso de un cambio ambiental gradual, las especies están obligadas a seguir a su ambiente a través del espacio, o extinguirse (Pearse, Lande & Bull., 1989)

Por otra parte, los SDM se valen de la premisa que la distribución geográfica observada de una especie refleja sus requerimientos ambientales; es decir que las especies están presentes en sus hábitats adecuados, y ausentes de hábitats no adecuados (Hirzel & Le Lay, 2008). Hirzel & Le Lay describen una serie de motivos por los que una especie podría no tener registros en zonas que le son favorables, o presente en zonas no lo son; llamándoles FALLACIOUS ABSENCES y FALLACIOUS PRESENCES para cada caso. La presencia de estas posibles alteraciones en los datos, son un elemento siempre a considerar cuando se evalúa un nicho utilizando SDM.

5.4. Modelos de distribución de especies

Los modelos de distribución de especies (Species Distribution Models, SDM en inglés) son algoritmos que estiman la distribución geográfica de una especie al caracterizar las condiciones ambientales que son favorables para el desarrollo de dicha especie, y posteriormente identificar la presencia de lugares con ambientes favorables que se encuentran distribuidos en el espacio. (Pearson, 2008)

Por lo tanto, son softwares que permiten asociar puntos de presencia geográfica de especies tanto vegetales como animales, a sets de variables ambientales, para proyectar y estimar su presencia espacial total. Estas proyecciones se pueden realizar a las condiciones presentes, como a otro espacio temporal si se cuentan con datos ambientales en los que se desea evaluar la distribución de la especie modelada.

Los modelos de distribución de especies como se conocen hoy tuvieron su aparición en los años 70, aunque los primeros intentos registrados de estimar distribuciones potenciales en base a datos ambientales datan de la década de 1910 y de 1920 (Pearson, 2008).

Estos softwares se han desarrollado de forma continua desde su aparición, mejorando sus capacidades de la mano con los avances de la computación y la informática. Existen diferentes agrupaciones o clasificaciones de modelos, tanto por la lógica que emplean para su modelamiento, como por las características generales del proceso. En esta última línea, Guisan & Zimmermann (2000) resumen a diferentes autores, señalando que en general los SDM son definidos por su capacidad de obtener resultados en términos de generalidad, realidad, y precisión; y que el diseño de cada modelo implica un compromiso entre estas características, a menudo privilegiando dos de estas en desmedro de la tercera.

Por otra parte, los modelos también pueden ser clasificados en base a las técnicas que utilizan para su ejecución, existiendo así modelos basados en técnicas de perfil, en técnicas de regresión, y en técnicas de aprendizaje. Los primeros (perfil) son útiles cuando hay pocos datos de presencia de especies para el modelamiento y además no se cuenta con datos de ausencia. Los segundos (regresión) utilizan datos de ausencia para calibrar el modelo, aunque se advierte sobre su uso como herramienta de modelamiento principal, debido a la complejidad de los datos.

5.5. *Hotspot de Chile mediterráneo (Chilean Winter Rainfall-Valdivian Forest)*

Los hotspot de biodiversidad se entienden a modo general como áreas que se caracterizan por una alta concentración de especies endémicas y que experimentan una pérdida excepcional de hábitat (Myers et al. 2000), por lo que se consideran zonas de prioridad para la conservación.

Dentro de esta idea, se concibe los límites de los hotspots como una biota separada o comunidad de especies que cuadran entre sí como una unidad biogeográfica. Dentro de esta definición cobran especial importancia las llamadas “Islas Biogeográficas”, las que son evidentes en el caso de territorios insulares, pero que también incluye territorios continentales con alto aislamiento geográfico.

El requisito fundamental para clasificar una zona como hotspot es que cuente con al menos 0,5% de las especies de plantas vasculares del planeta (1.500 aprox.). Como criterios secundarios se encuentran la cantidad de especies animales vertebradas endémicas (principalmente como criterio de congruencia y comparación entre hotspots), y la reducción del hábitat original de la especie (debiendo haber perdido al menos 70% de su hábitat original para clasificar).

De entre los 34 hotspots definidos, Myers et al. (2000) posicionan el de Chile Central dentro del top 25; el cual se caracteriza por contar con 1.605 especies de plantas vasculares y tener solo un 30% remanente de la superficie original de dichas especies (90.000 km² de 300.000 km²).

Este hotspot chileno, también conocido como “Chilean Winter Rainfall-Valdivian Forest” (Mittermeier et al 2004) está delimitado entre los 25°S y los 47°S, abarcando a grandes rasgos el norte chico, Chile central, y el sur de Chile hasta parte de la XI región de Aysén. Se caracteriza por contar con bosques lluviosos (Norpatagónico y Valdiviano), bosques deciduos de *Nothofagus*, bosques esclerófilos y matorrales en la zona mediterránea central, desierto con lluvia invernal en el norte chico y numerosa flora altoandina por sobre la línea arbórea en el sector cordillerano de los Andes (Arroyo et al., 2006). Esta condición se da por el aislamiento geográfico del resto del continente sudamericano por efecto de la Cordillera de los Andes y el Desierto de Atacama, cumpliendo con la característica de Isla Biogeográfica que caracteriza a la mayoría de los hotspots de conservación a nivel mundial.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Bases de información

6.1.1. Superficies climáticas

Los datos utilizados para esta investigación se presentan como superficies o coberturas climáticas. Estas corresponden a archivos raster donde el valor de cada píxel responde a la variable climática interpolada desde estaciones meteorológicas.

A continuación se presentan y describen las dos superficies climáticas utilizadas en esta investigación.

6.1.1.1. Worldclim

El proyecto Worldclim (Hijmans et al. 2005) corresponde a una serie de superficies climáticas interpoladas de muy alta resolución, disponible de forma global para zonas terrestres (salvo la Antártica), que tiene como característica principal además de su alcance global, el hecho de tener una resolución de 30 arcos de segundos, lo que es equivalente a una resolución horizontal aproximada de 1 kilómetro a la latitud del Ecuador. Esta información permite el Downscaling de los escenarios climáticos futuros.

6.1.1.2. Superficies climáticas del cono sur de Sudamérica

Las coberturas climáticas del cono sur de Sudamérica fueron elaboradas por Pliscoff et al. (2014), se utilizan principalmente para el modelamiento de la distribución de especies, y pueden ser utilizadas en otras aplicaciones que requieran información de cubiertas climáticas. En comparación con Worldclim, usan el mismo software de interpolación (ANUSPLIN), pero una mayor densidad de estaciones en el cono sur.

6.1.2 GCM de proyección utilizado: CSIRO 3.6

El CSIRO Mark 3.6 (Mk3.6), es un GCM desarrollado por la agencia australiana CSIRO (Organización de Investigación Científica e Industrial de la Commonwealth), que contiene representaciones de cuatro de los cinco componentes biofísicos del sistema climático: Atmósfera, Superficie Terrestre, Océano y Criósfera.

Esta versión del modelo CSIRO está desarrollada como un modelo acoplado de las variables ya mencionadas. Se caracteriza con respecto a las versiones

anteriores desarrolladas por la misma agencia por poseer un mejor nivel de resolución. El componente atmosférico ha sido desarrollado pensando en una resolución horizontal de 18.432 cuadrículas correspondiente cada una a 1,875°Este-Oeste por 1,875° Norte-Sur. Tiene la capacidad también para ser ejecutado en resoluciones de 5,625° Este-Oeste por 3,1° Norte-Sur y en 1,6° Este-Oeste por 2,8° Norte-Sur.

6.1.3 Unidades de vegetación

Se utilizaron una serie de agrupaciones vegetacionales empleadas anteriormente por el Ministerio de Medio Ambiente de Chile para un estudio de vulnerabilidad de biodiversidad frente a escenarios de cambio climático. (IEB-CONAMA. 2010). Estas unidades están generadas en base una agrupación de pisos bioclimáticos de Luebert & Pliscoff (2006) acorde a sus macrobioclimas y posición geográfica (costero, interior, andino, etc.) reduciendo por tanto desde los 127 pisos bioclimáticos originales a 36 unidades de vegetación. Para esta investigación, estas unidades fueron asociadas a sus zonas climáticas al interior del área de estudio (Tabla 3):

UNIDAD	Zona Climática asociada (Köppen)
Desierto y matorral costero	B
Desierto absoluto	B
Matorral bajo desértico interior	B
Matorral desértico costero	B
Matorral desértico interior	B
Matorral bajo desértico andino	B
Matorral espinoso	B
Bosque espinoso tropical	B
Bosque espinoso mediterráneo interior	B
Bosque espinoso mediterráneo costero	C
Matorral arborescente mediterráneo	C

UNIDAD	Zona Climática asociada (Köppen)
Bosque esclerófilo andino	C
Bosque esclerófilo costero	C
Bosque esclerófilo interior	C
Bosque caducifolio mediterráneo costero	C
Bosque caducifolio mediterráneo andino	C
Bosque caducifolio templado costero	C
Bosque caducifolio templado andino	C
Matorral caducifolio	C
Matorral arborescente templado	C
Bosque laurifolio costero	C
Bosque laurifolio interior	C
Bosque resinoso costero	C
Bosque resinoso andino	C
Bosque siempreverde andino	C
Bosque siempreverde interior	C
Bosque siempreverde costero	C
Matorral siempreverde	C
Turberas	C
Matorral bajo altoandino tropical	B
Matorral bajo altoandino mediterráneo-tropical	B
Matorral bajo altoandino mediterráneo	B
Matorral bajo altoandino templado	B
Herbazal altoandino tropical mediterráneo	B

UNIDAD	Zona Climática asociada (Köppen)
Herbazal altoandino templado	B
Estepas y pastizales	B

Tabla 3: Agrupación de unidades de vegetación usadas por IEB-CONAMA 2010 a zonas climáticas de Köppen en Chile según Sarricolea et al (2017).

6.2 Procesos aplicados a las bases

6.2.2 Obtención de superficies futuras adaptadas a Pliscoff et al 2014 mediante el método delta

Para la proyección de unidades de vegetación a escenarios de cambio climático se requiere sets de cubiertas ambientales que son utilizados en el modelamiento de distribución.

Las variables bioclimáticas se basan en datos de temperatura y precipitaciones mensuales. Ellas se utilizan normalmente para modelamiento de nichos ecológicos, y fueron creadas para disponer de variables biológicamente significativas (Hijmans et al., 2005). Corresponden a los llamados "parámetros bioclimáticos" utilizados por el módulo BIOCLIM, como parte del software ANUCLIM.

De forma nativa, las variables térmicas están en grados Celsius (°C) multiplicados por 10; y en milímetros (mm) para las variables de precipitación.

Para el caso de la presente investigación, se realizó la descarga de las variables bioclimáticas desde el portal de internet del programa de investigación CCAFS (Climate Change Agricultura and Food Security).

Se escogió la resolución espacial de 30 arcos de segundos por ser la de mejor resolución disponible a la fecha, además de ser compatible con líneas base tanto globales (Worldclim) como locales (Pliscoff et al. 2014). Esta resolución permite una mejor representación en áreas heterogéneas, ajustándose de mejor forma a la realidad de Chile (extensión latitudinal, relieve entre 0 y +6000 m.s.n.m., superficie insular, fiordos, etc.)

Se privilegió el formato ASCII por la universalidad y alta compatibilidad que permite, la versatilidad multi-sofware, además de la poca exigencia de espacio de almacenamiento mientras se encuentre comprimido (en formato RAR).

Se eligió el periodo 2030 (2020-2049) y el periodo 2080 (2070-2099) por ser los extremos mínimo y máximo disponible dentro de los datos proyectados de cambio climático. Así mismo, se seleccionaron los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 por ser los escenarios extremos, cubriendo así todo el intervalo de posibilidades que permiten los datos disponibles.

Sin embargo, estas proyecciones, se encuentran realizadas sobre las superficies de línea de base (1950-2000) generadas por el proyecto Worldclim (Hijmans et al., 2005). Pliscoff et al. (2014) señalan la existencia de diferencias de consideración entre los datos arrojados por estaciones meteorológicas locales y los datos de las superficies Worldclim, particularmente en temperatura; por lo que se decide utilizar las superficies climáticas generadas por Pliscoff et al. (2014).

Para lograr la proyección de los modelos desde las superficies climáticas generadas desde una línea de base local y no desde la línea base de Worldclim, se aplicó la metodología utilizada por Buytarert et al. (2009) que consiste en obtener la diferencia entre el futuro proyectado por el GCM y su simulación de control para el periodo presente (línea base) píxel por píxel. Esta “anomalía” obtenida, es agregada posteriormente a los datos de registro históricos del área de estudio, obteniendo así la proyección climática para la zona a analizar. Este método delta, permite generar escenarios futuros de variables climáticas (Fowler et al., 2007) utilizando las simulaciones de fenómenos de escala global y continental entregadas por el GCM, pero sobre una línea base con datos que representan con mejor exactitud las dinámicas locales. Esta metodología fue probada con éxito por Pliscoff et al (2014) para generar los datos climáticos base para distribución de especies en ambientes áridos en Chile.

Para lograr esto, lo primero que se debió realizar fue ajustar el área de cobertura de cada raster de proyección global obtenido a exactamente la misma área de las superficies climáticas a proyectar, esto se llevó a cabo mediante la función EXTRACT BY MASK de la extensión Spatial Analyst del software ARCGIS 10. Como máscara se utilizó uno de los raster de la cobertura climática que se desea proyectar. Lo mismo fue realizado para cada variable de la línea base del proyecto Worldclim, permitiendo así que cada raster resultante de anomalía se ajustara perfectamente a las superficies que se desean proyectar.

La recuperación de este valor de anomalía para cada variable se obtuvo de calcular la diferencia entre el modelo proyectado en Worldclim y la línea base entregada por el mismo proyecto, pero ya adaptadas al área de estudio. Este cálculo de diferencia se realizó mediante la función MINUS, del módulo MATH, de Spatial Analyst. Luego, esta anomalía fue agregada a las superficies de Pliscoff et al. (2014) mediante la función PLUS del mismo módulo.

Sin embargo, al revisar las estadísticas de los datos resultantes, se detectó que las variables de precipitación presentaban valores negativos dentro de sus histogramas (Figura 9).

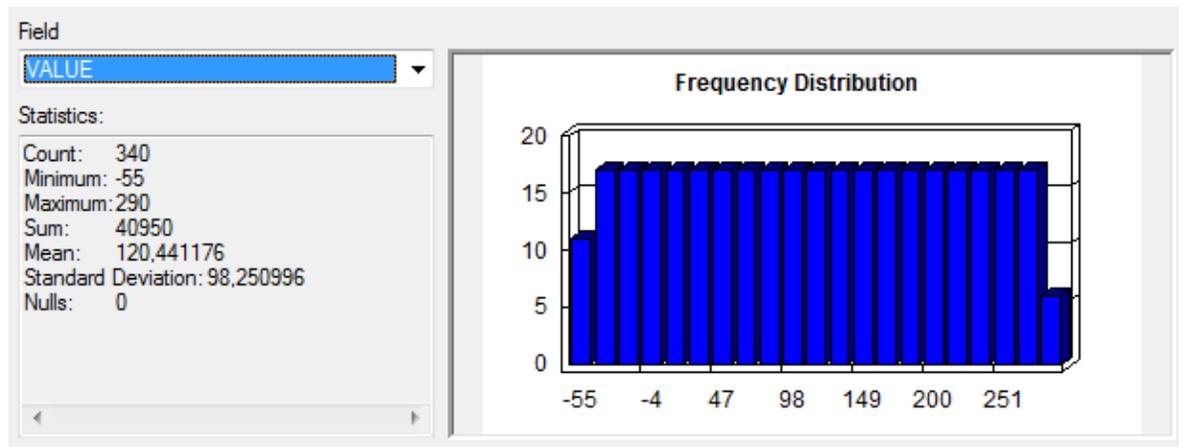


Figura 9: Estadísticas iniciales de la variable BIO_14 proyectada en el modelo CSIRO 3.6 al escenario RCP 8,5 al periodo 2080. Se evidencia la presencia de valores de precipitación negativos al marcar un mínimo de -55.

Lo anterior se debe a que, en la proyección del modelo, la magnitud de disminución estimada en la anomalía es superior al valor de la línea base utilizada, ocurriendo esto principalmente en la zona del desierto de Atacama.

Para su corrección, fue necesario adecuar en el caso de estas variables, una condicionante que llevase todos los valores negativos, a cero. Esto se realizó mediante la función CON, del módulo CONDITIONAL de Spatial Analyst, seleccionando como requisito tener un valor menor a cero. Esto generó que los pixeles que si cumplían con esta condición fueran llevadas a cero, mientras que los pixeles que no, permanecieran sin modificar.

Los archivos resultantes fueron convertidos nuevamente a formato ASCII por las ventajas ya mencionadas de este formato.

Debido a lo repetitivo del proceso, para articular la secuencia de funciones, se utilizó la herramienta MODEL BUILDER de ARCGIS 10, permitiendo sistematizar esta serie de pasos y facilitar su ejecución (Figura 10 y Figura 11)

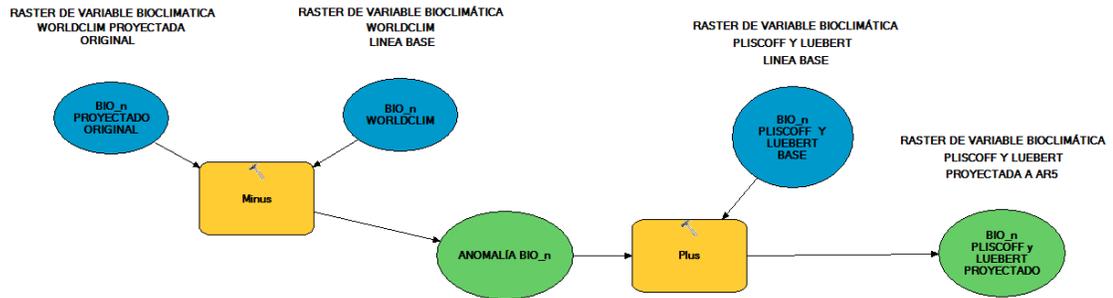


Figura 10: Sistematización de la proyección de una variable bioclimática utilizando el método delta (Buytare et al., 2009) en modelbuilder (ARCGIS 10). Este modelo base solo resulta útil con variables correspondientes a temperatura.

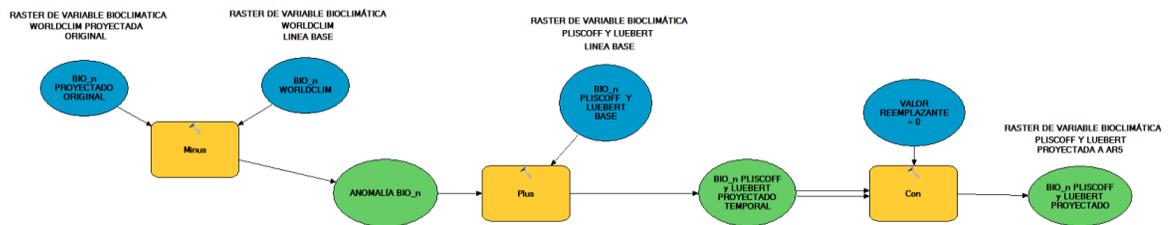


Figura 11: Sistematización y ajuste de la proyección bioclimática de precipitación utilizando el método delta (Buytare et al., 2009) en modelbuilder (ARCGIS 10). Se diferencia del modelo para temperaturas en la necesidad de la función CON para eliminar valores de precipitación negativos.

El resultado fue un set de variables bioclimáticas “corregidas” para Chile, en base a las proyecciones realizadas por el modelo GCM CSIRO Mk3.6 para los periodos 2030 y 2080, en los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5; sobre datos climatológicos interpolados desde estaciones locales.

6.2.2. Modelamiento de nicho potencial

6.2.2.1. MAXENT

Maxent (Phillips et al. 2004, 2006) es un SDM empírico (privilegia precisión y realidad por sobre generalidad) (Guisan & Zimmermann, 2000), y se basa en técnicas de aprendizaje. Es ampliamente utilizado en el campo de modelamiento de especie y nichos desde su desarrollo (Elith et al., 2010); esto se debe en gran medida a que si bien su algoritmo opera como una “caja negra”, sus fundamentos

teóricos son bien comprendidos y ha mostrado solidez en sus resultados en la década de uso que lleva (Elith et al. 2011; Phillips & Dudik, 2008). WISZ et al. (2008) compara el rendimiento y fiabilidad del algoritmo utilizado por MAXENT con el de otros once SDM (BIOCLIM, BRUTO, DK-GARP, DOMAIN, GAM, GBM, GLM, LIVES, MARS, MARSINT y OM-GARP), y si bien concluye que no existe un solo modelo que sea completamente preciso y que tenga mejor rendimiento que los otros en todos los casos y condiciones, MAXENT muestra un mejor rendimiento general (Figura 12B) y de entre todos, es el que más se acerca a una curva de rendimiento sin sensibilidad a la manipulación del tamaño de la muestra (definidos como de “alta calidad” (a) en la Figura 12A), siendo su área bajo la curva (AUC en inglés, término utilizado para la evaluación de fiabilidad de los SDM) levemente bajo con tamaños de muestra reducidos.

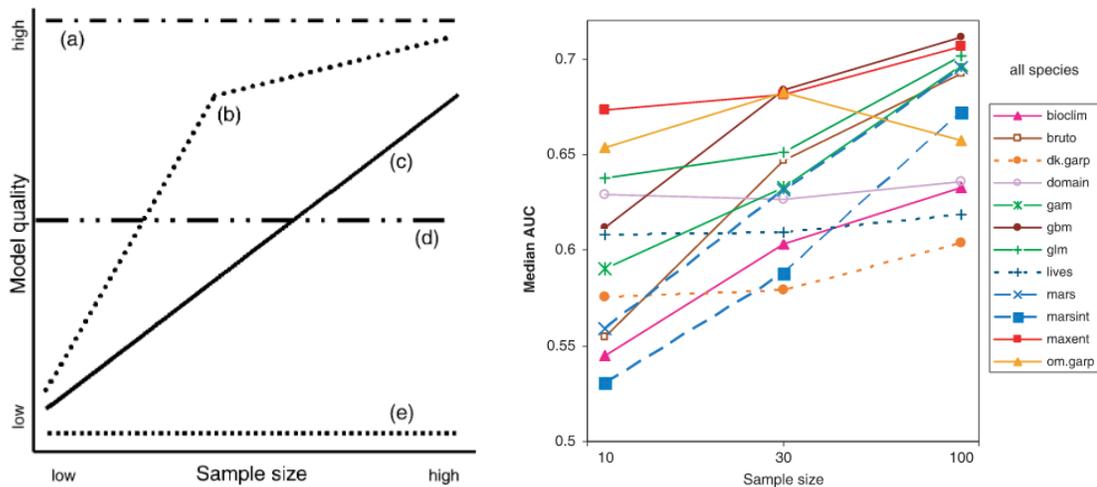


Figura 12: A: Criterios de clasificación de modelos acorde al desempeño de sus AUC medias ante manipulaciones de tamaños de muestra. B: Tabla comparativa del desempeño de los 12 SDM evaluados ante dichos criterios. Se aprecia que MAXENT es el único algoritmo que presenta no solo un alto valor medio de AUC, sino que también es el modelo que más se asemeja a un desempeño de tipo (a) en el criterio de evaluación, a pesar de ser superado en rendimiento bajo ciertas condiciones por el algoritmo (GBM). (Obtenido de WISZ et al. (2008))

Si bien MAXENT utiliza solo puntos de presencia de especies, algunos autores concluyen que técnicas como las utilizadas por este modelo, permiten proyecciones con rangos de fiabilidad incluso mayores que los que utilizan presencias y ausencias (PEARSE & BOYCE, 2006).

MAXENT ha sido utilizado para estudios de conservación y restauración ecológica en Chile (Ziska et al. 2009) y de localización de hábitats para aves de bosques templados (Moreno et al. 2011), determinación de variación en

distribución de especies debido al cambio climático, distribución futura de plagas y determinación de zonas de riesgo futuras donde no existen programas de prevención, así como de propagación potencial de enfermedades tropicales (González et al, 2010); propagación de especies invasoras (Sobek-Swant, 2012), entre otras aplicaciones solo por nombrar algunos para ejemplo (Morales, Narkis. 2012).

Para modelamiento de agrupaciones vegetacionales en escenarios de cambio climático, Pliscoff et al. (2012) realizó un estudio preliminar de cambios de vegetación en Chile sobre 9 agrupaciones en los escenarios A2 y B2 del IPCC AR4, proyectados hacia el año 2080; dando cuenta de una serie de limitaciones en el proceso para este tipo de ejercicios, esencialmente en lo que refiere a elementos de resolución espacial, así como la incapacidad de los algoritmos en considerar elementos de orden antropogénico (cambios de uso de suelo) y elementos de barrera geográfica que determinen limitantes a la distribución espacial de las especies modeladas, entre otros.

6.2.2.2. Selección de variables

Para la correcta proyección de unidades de vegetación en los modelos de distribución de especies, las variables ambientales con que se ejecuta la proyección tienen un rol fundamental. Identificar las variables ambientales clave, es uno de los pasos más relevantes en la operación de un SDM (Hirzel & Le Lay 2008). Guisan et al. (2000) y Manly et al. (2002) afirman que la selección de variables debe ser determinada mediante un criterio de experto exhaustivo, en que se debe buscar la combinación que tenga la menor cantidad de variables, que produzca el mejor ajuste de los datos (Johnson et al. 2006).

Pliscoff et al. (2014) señala que la elección de un u otro dataset de variables puede tener significancia en los resultados arrojados por el modelo de distribución de especies y en los patrones espaciales de sus proyecciones. Esta afirmación es concordante con los estudios realizados por Peterson y Nakazawa (2008); Syphard y Franklin (2009), Synes y Osborne (2011); y Watling et al. (2012).

De los GCM, se puede obtener tanto las 19 variables bioclimáticas generadas por bioclim, como 48 medias mensuales de precipitación y temperatura. Guisan y Thuiller (2005) señalan una serie de problemas o elementos que dificultan el

modelamiento, entre ellos la presencia de variables con una alta correlación entre sí.

Diferentes técnicas de reducción permiten generar nuevos sets de variables, descartando variables que posean una correlación muy alta entre sí, permitiendo así ejecutar el modelo de distribución de especies con variables ambientales que sean significativamente relevantes pero no; Pliscoff et al. (2014) utiliza la metodología presentada por Thuiller et al. (2008) para generar un nuevo sub set de 13 variables bioclimáticas y otro de 19 variables de medias mensuales. Estos sets excluyen las variables con una correlación superior a 0.9.

Una selección en base a los porcentajes de contribución de cada variable reduce nuevamente la cantidad de datos a las seis más significativas para cada set original. Para el caso de las variables bioclimáticas, estas son las variables BIO 1 (Temperatura media anual), BIO 5 (Temperatura máxima del mes más cálido), BIO 6 (Temperatura mínima del mes más frío), BIO 12 (Precipitación anual), BIO 13 (Precipitación del mes más húmedo) y BIO 14 (Precipitación del mes más seco). Estas variables representan tanto las tendencias centrales de precipitación y temperatura, como las condiciones extremas de ambas, siendo por tanto idóneas para delimitar nichos Pliscoff et al. (2014). Igualmente, son concordantes con lo planteado por Grinnell (1917) y Guisan et al. (2000), en que se determina que son la temperatura y la precipitación los factores más importantes que conducen la distribución espacial de las especies en grandes extensiones, siendo particularmente relevante en plantas. Hirzel & Le Lay (2008) también afirman que las variables bioclimáticas (especificando las entregadas por Hijmans et al. (2004) en el proyecto Worldclim), son una mejor elección que medias mensuales, para el ajuste de datos.

6.2.2.3. Modelamiento de especies a escenarios de Cambio Climático

Para el modelamiento de vegetación a escenarios de cambio climático en el software MAXENT se utilizó como input la distribución de unidades vegetacionales utilizadas previamente en (IEB-CONAMA, 2010) en su estudio de vulnerabilidad para la eco-región mediterránea.

Estas 36 unidades de vegetación fueron obtenidas en formato shapefile en una geometría poligonal, necesitando por tanto su transformación a puntos de presencia para poder ser utilizado en maxent. Esta conversión fue realizada transformando la capa de cobertura de una geometría poligonal a una de punto,

con una separación de 1 kilómetro entre puntos para trabajar en la misma resolución de las capas climáticas de Pliscoff (2014), y las capas bioclimáticas proyectadas a los escenarios futuros RCP 2.6 y RCP 8.5.

De esta conversión a puntos, se calcularon las coordenadas geográficas de cada punto, por lo que al obtener la tabla de atributos del archivo de puntos y convertirla a un archivo de tipo CSV separados por comas la tabla queda como un archivo con los puntos de presencia y su localización espacial reconocible y utilizable por maxent (Figura 13)

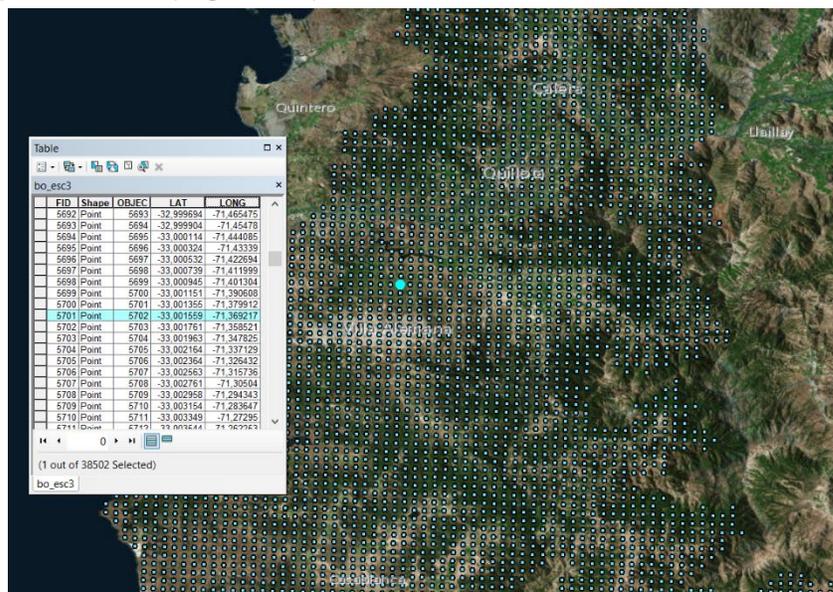


Figura 13: Matriz de puntos virtuales de presencias obtenido desde un shapefile de cobertura vegetal, en ArcMap.

Esta aproximación a la obtención de puntos virtuales de presencia presenta varios compromisos conceptuales y prácticos; primero porque la capa poligonal original no presenta zonas de transición entre formaciones, presentando solo un tipo de formación presente en un determinado sector. Un segundo compromiso es que no considera la densidad de presencias o ausencias dentro de la superficie delimitada, presentando presencias distribuidas de manera uniforme sobre el territorio. El tercer compromiso es que no presenta puntos determinados de ausencia, solo omitiendo puntos de presencia sobre superficies imposibilitadas de vegetación, como son cuerpos de agua superficial (cuerpos lacustres, fluviales, glaciares, etc.). Si bien esta falta de información no resulta crítica en el caso de maxent debido a que genera puntos de pseudo-ausencia aleatorios para su cálculo; si lo es en el caso de utilizarse en otro SDM que requiera estos puntos específicos y reales de ausencias.

Por lo tanto, como input del software se utilizan las tablas de presencia obtenidas sobre las capas climáticas en que se perfila cada unidad vegetacional para su posterior proyección utilizando las capas bioclimáticas proyectadas a los escenarios de cambio climático y corregidas con la línea base local.

El resultado obtenido por maxent corresponde a una matriz raster para cada unidad de vegetación modelada y su porcentaje de posible presencia espacial en cada píxel. Para su interpretación, cuantificación de superficie y estimación de transformación entre escenarios se utilizó la herramienta RANKING en ArcGIS, dejando solo la unidad de vegetación dominante de cada píxel. Si bien esto genera la misma pérdida de información que en el paso de obtención de puntos de presencia ya descrito, es necesario para poder comparar correctamente las superficies obtenidas con respecto a las iniciales, uniformando la superficie total medida sobre todas las unidades de vegetación con respecto a la superficie de la línea base.

Por tanto, el resultado final solo considera la superficie de la unidad de vegetación de mayor predominancia en cada punto, omitiendo la presencia de múltiples unidades sobre este.

6.2.3. Transformación de ambientes templados a semi-áridos en Chile central

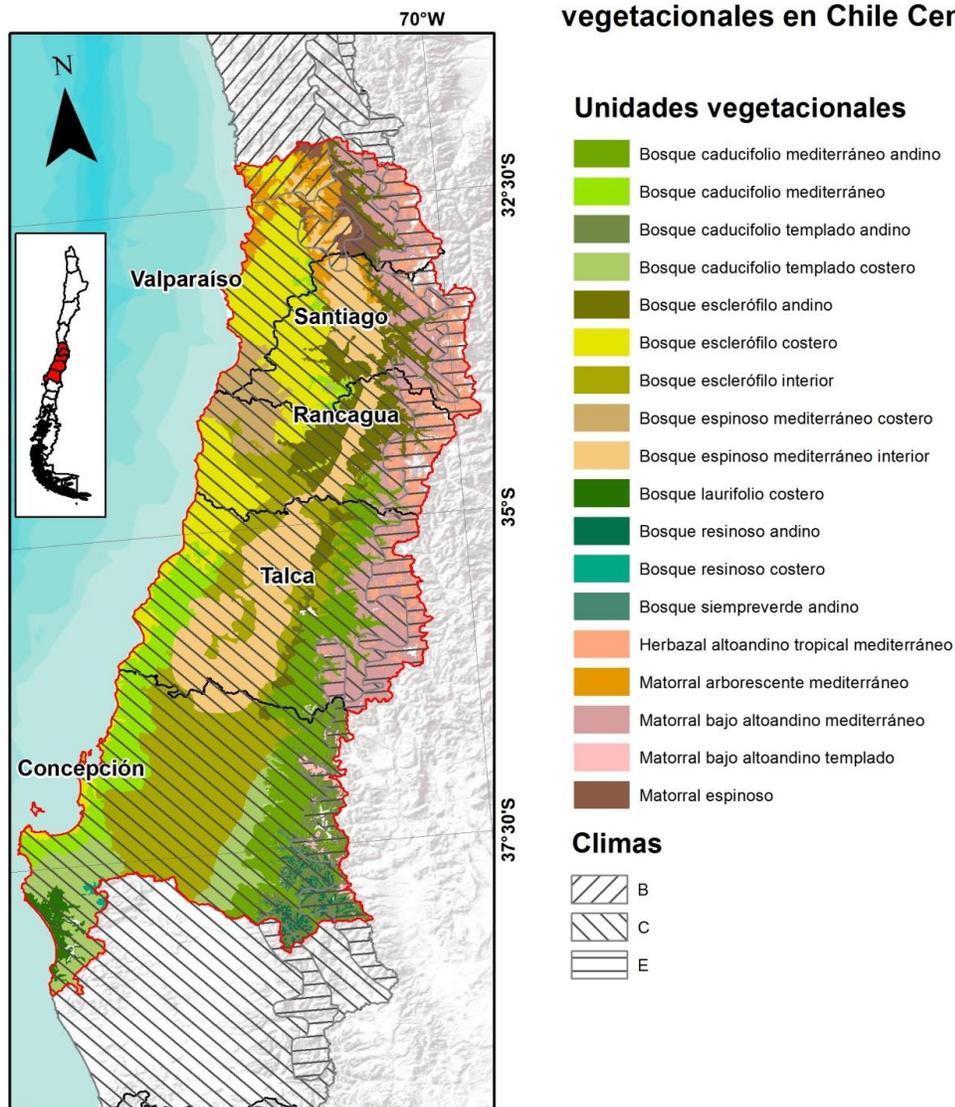
Para obtener una clasificación sintética de la transformación arrojada en cada proyección de clima y vegetación realizada para cada escenario, se generó una clasificación de las unidades de vegetación según su condición característica acorde a la clasificación de Köppen representada en cada unidad, debido a que dicha clasificación fue uno de los criterios bajo los cuales se generaron las unidades de vegetación utilizadas desde un comienzo.

Para realizar esta caracterización, se asoció cada unidad de vegetación utilizada con la clasificación de Köppen predominante en su ubicación de línea base, generando las categorías de unidades “semi-áridas” en las unidades que se encuentran localizadas en climas de tipo B; y unidades “Templadas” en las unidades que se encuentran localizadas en climas de tipo C (Figura 14). Para las unidades que se encuentran emplazadas en las de un tipo climático, se asoció al tipo que cubría superficialmente la mayoría de la unidad (Tabla 3).

Realizada esta agrupación mediante geoprocetos en SIG, se procedió a cuantificar la superficie que cubre cada categoría (B y C) dentro de cada cuenca de la zona de Chile central, pudiendo caracterizar éstas acorde al porcentaje de composición entre ambas categorías. Finalmente, se realiza el mismo proceso con las proyecciones de cambio climático, comparando el porcentaje de composición de cada cuenca y contrastándola con los porcentajes obtenidos para la línea base. Con ello se dispone del porcentaje de transformación estimado.

Estas categorías tienen por finalidad contrastar de manera simple y aproximada la transformación proyectada de las cuencas en términos generales, considerando la vegetación característica de cada zona climática como un indicador de referencia.

Asociación entre tipos de climas y formaciones vegetacionales en Chile Central





Elaboración propia en base a:
(DESCRIPCIÓN PENDIENTE)
 - **Clima**
 - **Unidades de vegetación**

Elaborado en: Arcgis 10.5

Figura 14: Asociación de unidades de vegetación utilizadas en el hotspot de Chile central y tipos climáticos de Köppen – Geiger. (Elaboración propia).

7. RESULTADOS

7.1. Patrones de variación de temperatura y precipitación para el hotspot de Chile central

7.1.1. Norte chico

A continuación se presentan los resultados de temperatura y precipitación para los escenarios RCP 2.6 (Tabla 4) (para ver el detalle a nivel comunal de las variables bioclimáticas proyectadas, ver anexo 1).

Temperatura

En el periodo 2030 se presentará un patrón longitudinal en aumento al este (frente andino occidental) en todas las variables (Figura 15A). Los aumentos más significativos (sobre 20% en temperatura media anual) se presentarían en los sectores andinos de las comunas de Diego de Almagro, Tierra Amarilla, Alto del Carmen y Vicuña.

Los resultados del periodo 2080 indican que las anomalías presentarán el mismo patrón que al periodo 2030 con valores levemente superiores (Figura 15B), por ende, se proyecta una condición de estabilidad de estas temperaturas. Cabe mencionar que las zonas con mayores incrementos seguirán siendo las comunas señaladas en el periodo 2030.

En el caso de la temperatura del mes frío, se observan variaciones porcentuales que oscilan entre un 50% y 200% en las comunas andinas. Esto se debe a que los valores de línea base son muy bajos (cercanos a 1°C), por lo tanto el incremento general en la macrorregión y específicamente en el sector andino implica un aumento porcentual exponencial para cada comuna andina, especialmente en Illapel (+220%) y Diego de Almagro (+239,4%).

Variable	Línea base	2030	2080
T° Med. Anual (°C)	11,5°	13° (+15,7%)	13,5° (+19,4%)
T° Max. Mes Cálido (°C)	21,7°	23,2° (+6,9%)	23,4°(+7,8%)
T° Min. Mes Frío (°C)	2,1°	3,5° (+8,5%)	3,9° (+11,6%)

Tabla 4: Anomalías de temperatura para la zona Norte Chico, escenario RCP 2.6

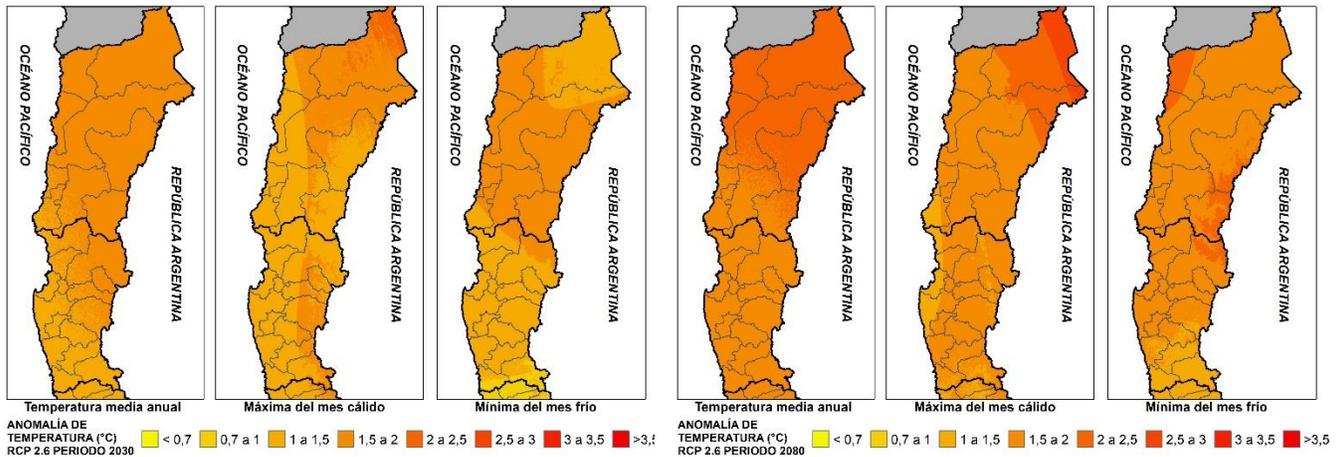


Figura 15: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona Norte Chico, escenario RCP 2.6 (A: 2030, B: 2080)

Precipitación

En el periodo 2030 (Tabla 5, Figura 16A) se presentará una zona con anomalía positiva en el límite noreste del frente andino occidental de la región de Atacama específicamente en la zona altiplánica situada al norte de la comuna de Diego de Almagro, mientras que los sectores con anomalía positiva en la precipitación húmeda presentan disminuciones en el mes húmedo, por lo que su balance en la precipitación anual sigue siendo negativo, lo cual se traduce en una concentración de las precipitaciones en el mes húmedo.

Para el caso del periodo 2080 (Tabla 5, Figura 16B) se observa un leve aumento en las precipitaciones anuales y del mes húmedo en la comuna de Diego de Almagro de entre 1mm y 20mm, a pesar que ciertos sectores presentarán anomalías negativas en la precipitación anual focalizadas al norte del hotspot en San Pedro de Atacama con rangos de anomalías de precipitación anual que fluctúan entre -1mm a -15mm; y de -1mm a -5mm en las del mes seco y el mes húmedo.

Variable	Línea base	2030	2080
PP Anual (mm)	121,6	98,9 (-20,9%)	112 (-9,3%)
PP mes seco (mm)	36,7	35,8 (-6,7%)	37,2 (-1,2%)
PP mes húmedo (mm)	0,3	0,1 (-38%)	0,2 (-25%)

Tabla 5: Anomalías de precipitación para la zona Norte Chico, escenario RCP 2.6

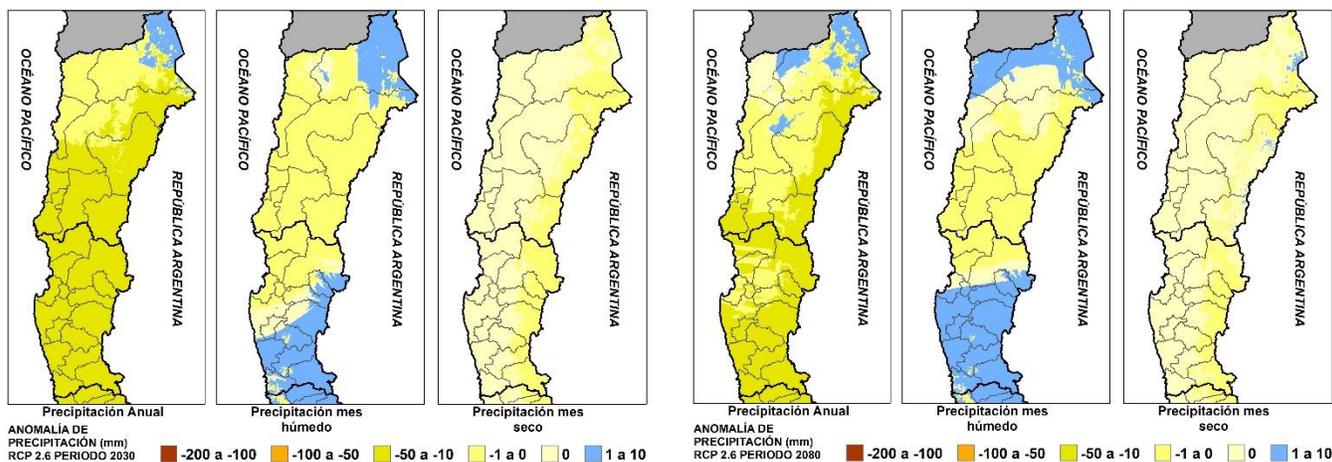


Figura 16: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona Norte Chico, escenario RCP 2.6 (A: 2030, B: 2080)

A continuación, se presentan los resultados de temperatura y precipitación para los escenarios RCP 8.5. (para ver el detalle a nivel comunal de las variables bioclimáticas proyectadas, ver anexo 1).

Temperatura

Para el periodo 2030 (Tabla 6, Figura 17A) se estiman anomalías positivas en una gradiente latitudinal con foco en el límite norte y noreste de la región de Atacama donde la mayoría de los resultados obtenidos de temperatura oscilan entre 1°C y 2,5°C. Sin embargo, en el caso de la máxima del mes cálido se presentaría una excepción a esta gradiente debido a una zona de anomalía positiva superior a la tendencia de la gradiente en las comunas de Combarbalá e Illapel (cordones transversales).

Para el periodo 2080 (Tabla 6, Figura 17B) el incremento en todas las variables será superior a 4°C en casi todas las comunas, decreciendo muy levemente en el límite entre la región de Coquimbo y la región de Valparaíso.

Variable	Línea base	2030	2080
T° Med. Anual (°C)	11,5°	13,1° (+16,4%)	15,9° (+44,2%)
T° Max. Mes Cálido (°C)	21,7°	23,3° (7,2%)	26,4° (+21,8%)
T° Min. Mes Frío (°C)	2,1°	3,3° (+51,5%)	6,1° (+164,3%)

Tabla 6: Anomalías de temperatura para la zona Norte Chico, escenario RCP 8.5

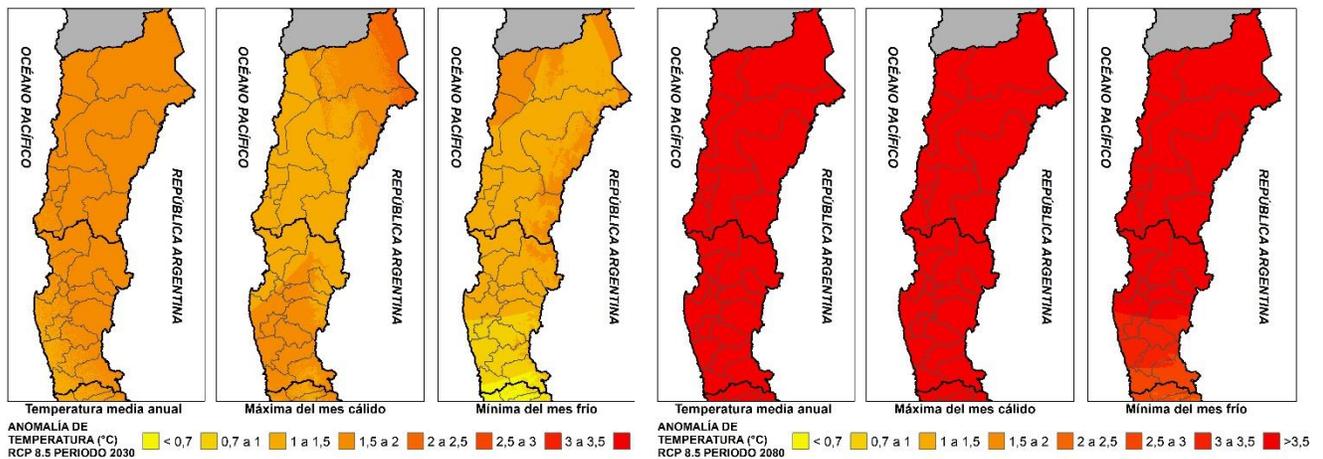


Figura 17: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona Norte Chico, escenario RCP 8.5 (A: 2030, B: 2080)

Precipitación

En el periodo 2030 (Tabla 7, Figura 18A) para la precipitación anual se presentarán anomalías negativas hacia el sur y en las comunas situadas en la cordillera andina. Sin embargo, la comuna de Diego de Almagro presentará leves incrementos en esta variable. Paralelamente de forma general se estima que la precipitación se incrementa en el mes húmedo en toda la zona cordillerana y en los alrededores de la comuna de Vallenar. No obstante, en todo el macizo cordillerano se presenta una reducción de la precipitación en el mes seco.

Para el caso del periodo 2080 (Tabla 7, Figura 18B) la anomalía positiva en la comuna de Diego de Almagro se expandirá, llegando incluso al sector noreste de la comuna de Copiapó. Sin embargo, las reducciones de precipitación anual serán menos severas que en el periodo 2030 hasta la comuna de Vallenar, luego se intensifican desde los 28°S. Para el caso de la precipitación del mes húmedo, esta seguiría teniendo anomalías positivas en el sector cordillerano, pero perdiendo intensidad en las zonas centrales, sin embargo, se expandiría hacia las comunas de Combarbalá, Illapel y Salamanca, pasando a la región de Valparaíso. La precipitación del mes seco se mantiene en 0 mm para la mayoría de las comunas que presentan esta condición, decreciendo solo en las comunas cordilleranas que presentaban precipitaciones en su línea base.

Variable	Línea base	2030	2080
PP Anual (mm)	121,6	94,9 (-20,5%)	99,4 (-16,7%)
PP mes seco (mm)	36,7	33,4 (-2,8%)	37,5 (-0,2%)
PP mes húmedo (mm)	0,3	0,1 (-43,5%)	0,1 (-38,5%)

Tabla 7: Anomalías de precipitación para la zona Norte Chico, escenario RCP 8.5

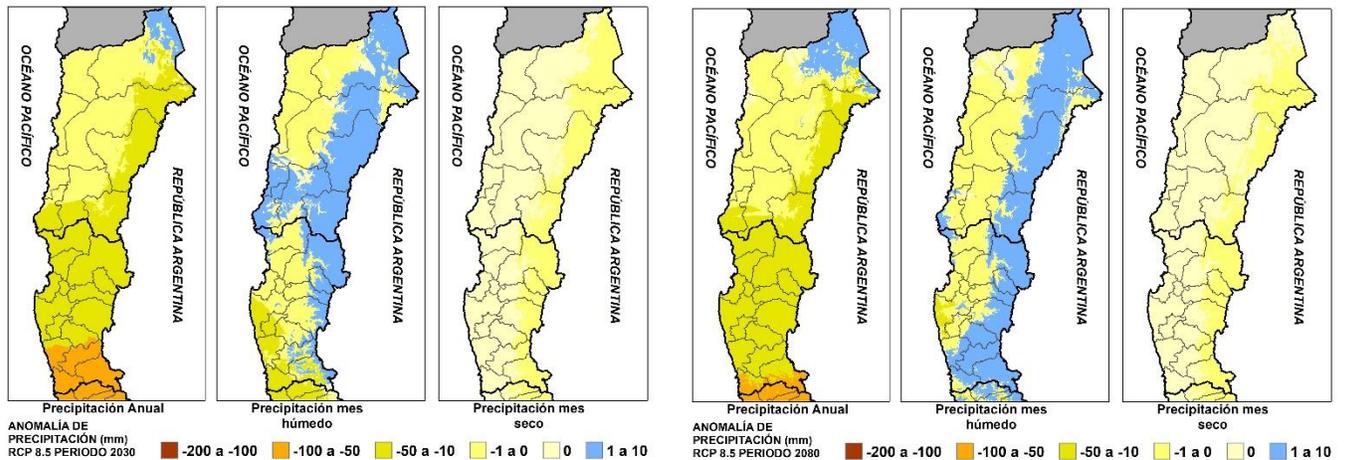


Figura 18: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona Norte Chico, escenario RCP 8.5 (A: 2030, B: 2080)

7.1.2. Chile central

A continuación, se presentan los resultados de temperatura y precipitación para los escenarios RCP 2.6. (para ver el detalle a nivel comunal de las variables bioclimáticas proyectadas, ver anexo 1).

Temperatura

De forma general, se aprecia que la tendencia en ambos periodos dentro del escenario RCP 2.6 indica un incremento de 1°C en toda el área tanto para la temperatura media anual como para la del mes cálido (Tabla 8), intensificándose levemente en la región de Valparaíso y Metropolitana hacia fines de siglo, especialmente en las zonas cordilleranas (Figura 19 A y B). Al periodo 2030 la temperatura del mes frío presentará una anomalía menos severa (por bajo 1°C) pero se intensificará hacia el periodo 2080 en las zonas costeras e interiores desde la región de Valparaíso hasta la región de O'Higgins.

VARIABLE	LINEA BASE	PROYECCIÓN 2030	PROYECCIÓN 2080
T° Med. Anual (°C)	13°	14,3° (+10%)	14,6° (+12,3%)
T° Max. Mes Cálido (°C)	26,2°	27,5° (+4,9%)	27,5° (+4,9%)
T° Min. Mes Frío (°C)	3,1°	3,8° (+22,5%)	4,2° (+35,5%)

Tabla 8: Anomalías temperatura para la zona Chile central, escenario RCP 2.6

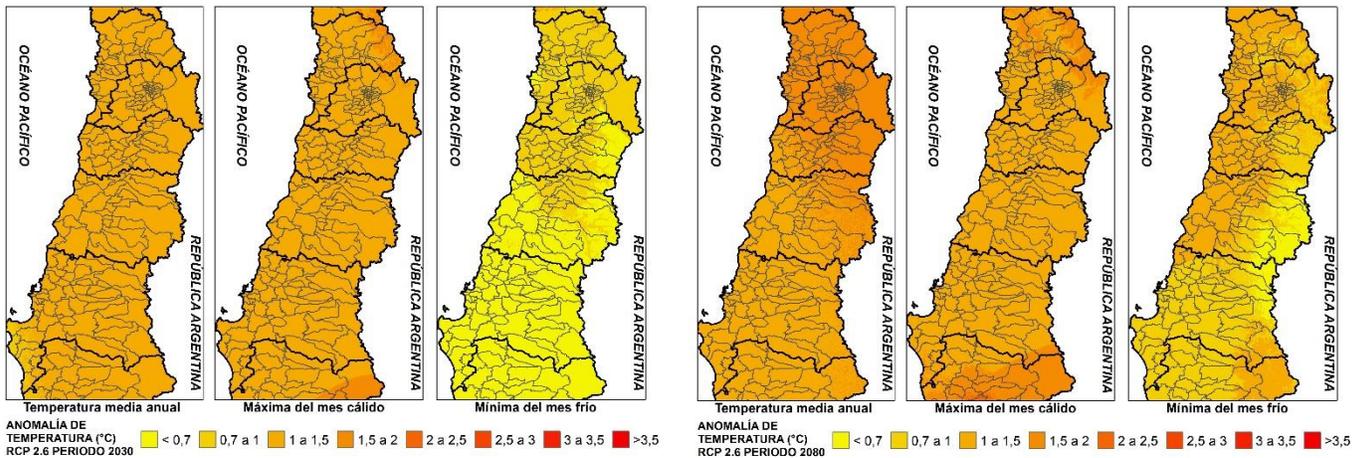


Figura 19: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona Chile central, escenario RCP 2.6:

Precipitación

Para el periodo 2030 la zona central presentará una reducción de precipitación anual, especialmente en la zona costera de la región de Valparaíso y O'Higgins. Esta reducción contrasta con el muy leve aumento de la precipitación del mes húmedo en la mayoría de la depresión central. En cambio, al periodo 2080 si bien la precipitación anual presentará una estabilización entre -50mm a -10mm (comparado con las zonas de entre -100 a -50mm del periodo 2030), la precipitación del mes húmedo decrecerá significativamente. Hacia fines de siglo, y finalmente la precipitación del mes seco se reducirá levemente en toda la zona (Tabla 9, Figura 21 A y B).

VARIABLE	LINEA BASE	PROYECCIÓN 2030	PROYECCIÓN 2080
PP Anual (mm)	775,5	730,4 (-8,3%)	747,3 (-4,3%)
PP mes seco (mm)	5,8	5,6 (-3,5%)	5,2 (-10,3%)
PP mes húmedo	169,5	175,9 (+2,9%)	161,5 (-4,4%)

Tabla 9: Anomalías de precipitación para la zona Chile central, escenario RCP 2.6

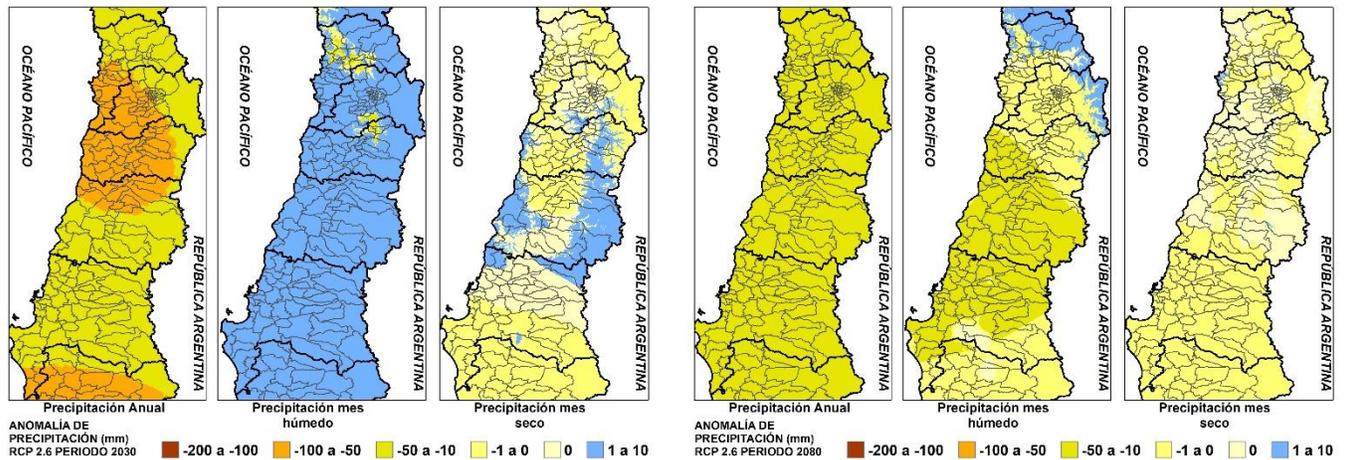


Figura 20: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona Chile central, escenario RCP 2.6 (A: 2030, B: 2080)

A continuación, se presentan los resultados de temperatura y precipitación para los escenarios RCP 8.5. (para ver el detalle a nivel comunal de las variables bioclimáticas proyectadas, ver anexo 1).

Temperatura

Al periodo 2030 las anomalías (Tabla 10, Figura 21A) se presentarán de forma relativamente homogénea en la zona, siendo levemente menor en los valles interiores de la región Metropolitana y O'Higgins. Para la temperatura media anual y la temperatura del mes cálido, estas superan 1°C en toda la zona, mientras que la temperatura del mes frío se mantiene en el rango de 0,7°.

Para el periodo 2080 (Tabla 10, Figura 21B) los incrementos en las anomalías se presentan de forma masiva en todo el sector, superando los 3°C en la mayoría de la zona, siendo levemente menor en el sector costero de la región del Biobío. La temperatura del mes frío presenta una anomalía decreciente hacia el sector

sur, bajando de los 2°C al sur de la región del Maule (35°S). Los mayores incrementos se estiman en la región de Valparaíso, Metropolitana y parte de la región de O'Higgins.

VARIABLE	LINEA BASE	PROYECCIÓN 2030	PROYECCIÓN 2080
T° Med. Anual (°C)	13°	14,1° (+10,8%)	16,2° (26,2%)
T° Max. Mes Cálido (°C)	26,2°	27° (+5%)	30,5° (+18%)
T° Min. Mes Frío (°C)	3,1°	3,6° (+16,1%)	5° (+61,3%)

Tabla 10: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona Chile central, escenario RCP 8.5

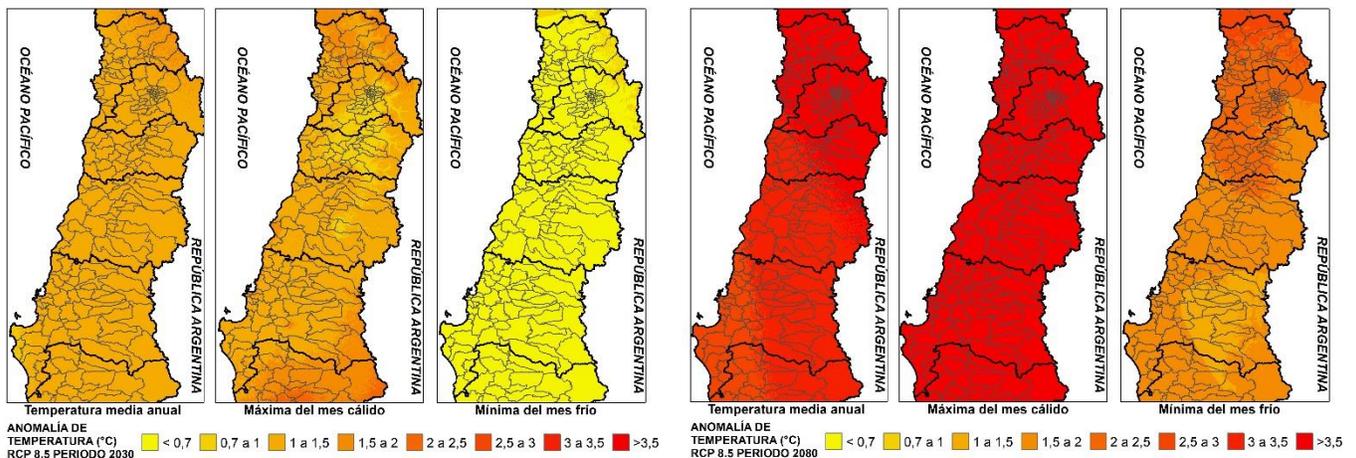


Figura 21: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona Chile central, escenario RCP 8.5

Precipitación

La tendencia general al periodo 2030 (Tabla 11, Figura 22A) será a una disminución general de las precipitaciones, con mayores pérdidas netas en la región de Biobío. Sin embargo, en términos porcentuales, esta pérdida es más significativa en las regiones de Valparaíso y Metropolitana debido a tener valores más bajos en su línea base.

Para el periodo 2080 (Tabla 11, Figura 22B) habrá una leve tendencia de recuperación salvo en la precipitación anual, que mantiene su anomalía original,

siendo incluso más severa en la región de Biobío que en el periodo 2030. Mientras que la precipitación del mes húmedo presentará una importante recuperación, que incluye sectores con anomalía positiva (sectores correspondientes al frente andino occidental de la región Metropolitana, y la cordillera de Nahuelbuta).

VARIABLE	LINEA BASE	PROYECCIÓN 2030	PROYECCIÓN 2080
PP Anual (mm)	885,4	760,5 (-13,6%)	749,5 (-13,9%)
PP mes seco (mm)	5,8	5,3 (-8,6%)	5,6 (-3,5%)
PP mes húmedo	185,5	171,7 (-8,7%)	174,3 (-6,3%)

Tabla 11: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona Chile central, escenario RCP 8.5

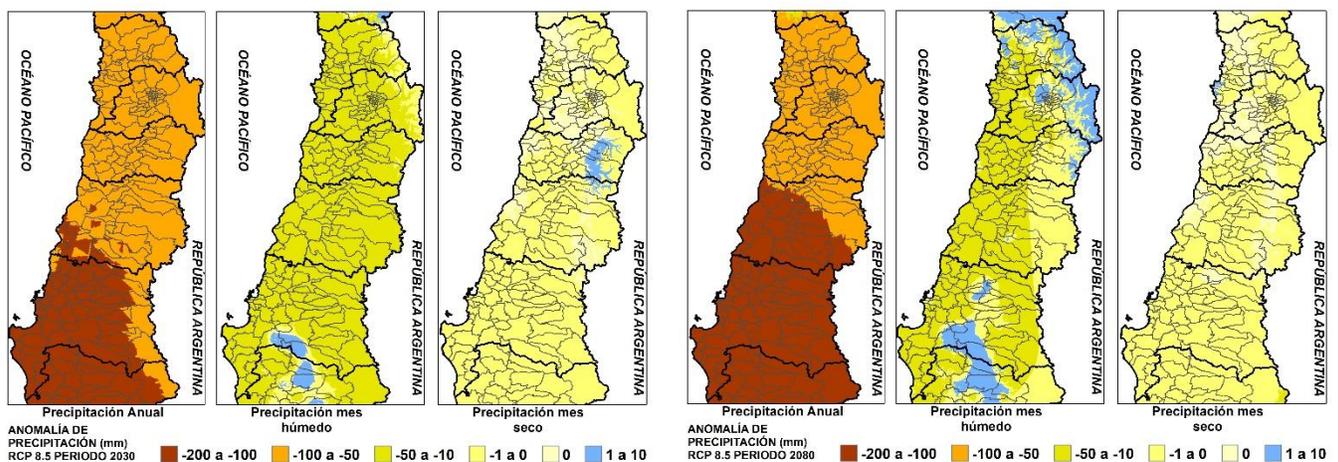


Figura 22: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona Chile central, escenario RCP 8.5

7.1.3. Zona Sur

A continuación, se presentan los resultados de temperatura y precipitación para los escenarios RCP 2.6. (para ver el detalle a nivel comunal de las variables bioclimáticas proyectadas, ver anexo 1).

Temperatura

Para este escenario, la tendencia de gradiente latitudinal de la temperatura presentará aumentos netos menores que en la zona norte chico o Chile Central, pero en general mantendrá la proporción con respecto a su línea base que mantienen todas las zonas (+10%). La tendencia es a anomalías más elevadas en los sectores andinos (Tabla 12, Figura 23A).

De igual forma, al periodo 2080 (Tabla 12, Figura 23B) se seguiría con la misma tendencia y distribución del periodo 2030, pero con valores levemente mayores tanto netos como porcentuales en toda la zona.

VARIABLE	LINEA BASE	PROYECCIÓN 2030	PROYECCIÓN 2080
T° Med. Anual (°C)	10,2°	11,3° (+10,8%)	11,6° (+13,7%)
T° Max. Mes Cálido (°C)	21,5°	23° (+7%)	23,4° (+9%)
T° Min. Mes Frío (°C)	2,8°	3,3° (+17,9%)	3,7° (+32,1%)

Tabla 12: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona sur de Chile, escenario RCP 2.6

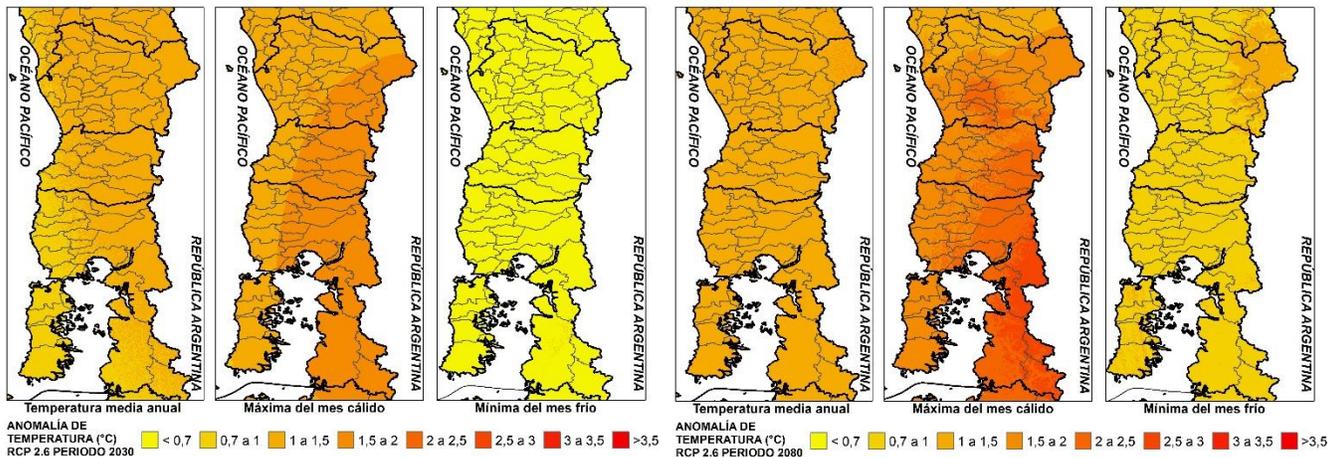


Figura 23: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona sur de Chile, escenario RCP 2.6 (A: 2030, B: 2080)

Precipitación

En el periodo 2030 (Tabla 13, Figura 24A) la precipitación tendrán una distribución heterogénea entre la precipitación anual y la de los meses húmedo y seco. En cambio, la precipitación anual registrará una disminución de entre -50mm a -200mm, siendo mayor hacia el sur, mientras que para las otras variables se proyectan leves incrementos principalmente en las zonas costeras y la depresión central de la región de la Araucanía y los lagos. La precipitación del mes seco prácticamente no presentará variaciones.

Al periodo 2080 (Tabla 13, Figura 24B) la tendencia se comportará en forma retrógrada hacia la línea base, donde las variaciones continuarán en una distribución similar al periodo 2030 pero con valores menores tanto de incrementos como reducciones. En los sectores andinos de la región de Los Lagos se presentarán zonas con aumentos muy poco significativos con respecto a la línea base en el caso de la precipitación.

VARIABLE	LINEA BASE	PROYECCIÓN 2030	PROYECCIÓN 2080
PP Anual (mm)	1807	1711 (-5,3%)	1769 (-2,1%)
PP mes seco (mm)	52,2	45,6 (-12,6%)	46,9 (-10,2%)
PP mes húmedo	286,7	293,4 (+2,9%)	285,5 (-0,3%)

Tabla 13: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona sur de Chile, escenario RCP 2.6

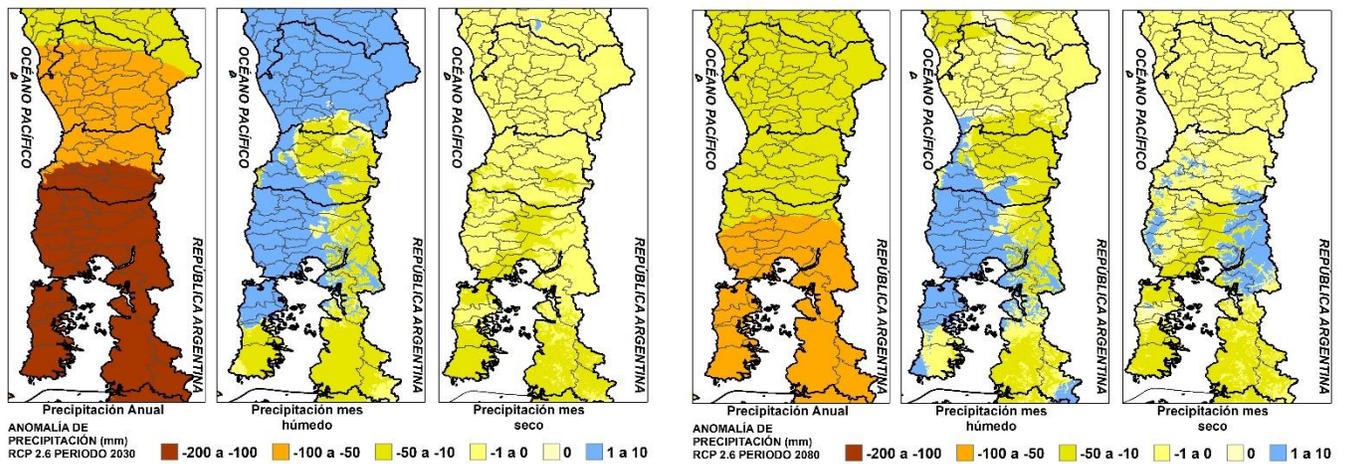


Figura 24: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona sur de Chile, escenario RCP 2.6 (A: 2030, B: 2080)

A continuación, se presentan los resultados de temperatura y precipitación para los escenarios RCP 8.5. (para ver el detalle a nivel comunal de las variables bioclimáticas proyectadas, ver anexo 1).

Temperatura

Para el periodo 2030 (Tabla 14, Figura 25A) en este escenario si bien se presenta una tendencia latitudinal al igual que para el escenario RCP 2.6, para el caso de la temperatura anual y del mes cálido, la tendencia tiene una fuerte dependencia con el componente de elevación. Esta tendencia es notoriamente mayor en la zona interior y andina e la región de la Araucanía. En otro orden de cosas, la mínima del mes frío presenta una anomalía pareja en toda la zona.

Para el periodo 2080 (Tabla 14, Figura 25B) las anomalías se presentarán con el mismo patrón espacial que al periodo 2030 pero de forma más generalizada, con valores sustancialmente mayores. Porcentualmente mantendrá las proporciones con el resto del territorio nacional, cercano al 25% en la temperatura media anual y la del mes cálido, sobrepasando el 50% en la del mes frío. Para este último caso, se presentan anomalías mayores en los sectores sur por sobre los provenientes de la región del Biobío.

VARIABLE	LINEA BASE	PROYECCIÓN 2030	PROYECCIÓN 2080
T° Med. Anual (°C)	10,2°	11,4° (+11,8%)	13,1° (+27,5%)
T° Max. Mes Cálido (°C)	21,5°	23,3° (+8,4%)	26,5° (+23,3%)
T° Min. Mes Frío (°C)	2,8°	3,3° (+17,9%)	4,5° (+60,7%)

Tabla 14: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona sur de Chile, escenario RCP 8.5

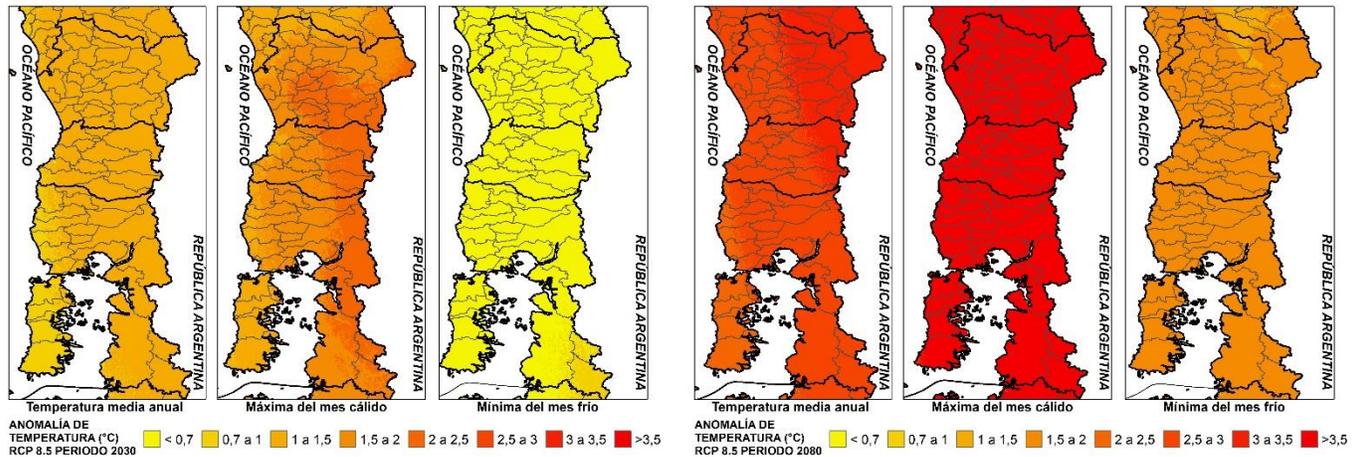


Figura 25: Distribución espacial de anomalías de temperatura para la zona sur de Chile, escenario RCP 8.5 (A: 2030, B: 2080)

Precipitación

En el periodo 2030 (Tabla 15, Figura 26A) la tendencia de precipitación será relativamente homogénea en este escenario. La precipitación anual disminuirá de forma proporcional a sus valores de línea base, manteniendo una tendencia levemente menor a 10%. La precipitación del mes húmedo presentará leves incrementos en las zonas costeras e insulares de la región de los Lagos y algunos sectores interiores de la región de la Araucanía. Comparativamente con las otras zonas de Chile, este sector es el que verá la mayor disminución de precipitación del mes seco, tanto en montos netos como porcentuales, especialmente en los sectores de la región de los Lagos.

En el periodo 2080 (Tabla 15, Figura 26B) la tendencia es la misma que en el periodo 2030 pero con una intensificación de las anomalías. Si bien la precipitación del mes húmedo tiene una anomalía menor que al periodo 2030 y presenta más sectores con incrementos, la precipitación anual y del mes seco presentarán mayores reducciones, acusando por tanto una disminución general, con una concentración de precipitaciones en el periodo húmedo.

VARIABLE	LINEA BASE	PROYECCIÓN 2030	PROYECCIÓN 2080
PP Anual (mm)	1807	1675 (-7,6%)	1592 (-12,2%)
PP mes seco (mm)	52,2	43,4 (-16,9%)	41,5 (-20,5%)
PP mes húmedo	286,7	280 (-2,3%)	282 (-1,6%)

Tabla 15: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona sur de Chile, escenario RCP 8.5

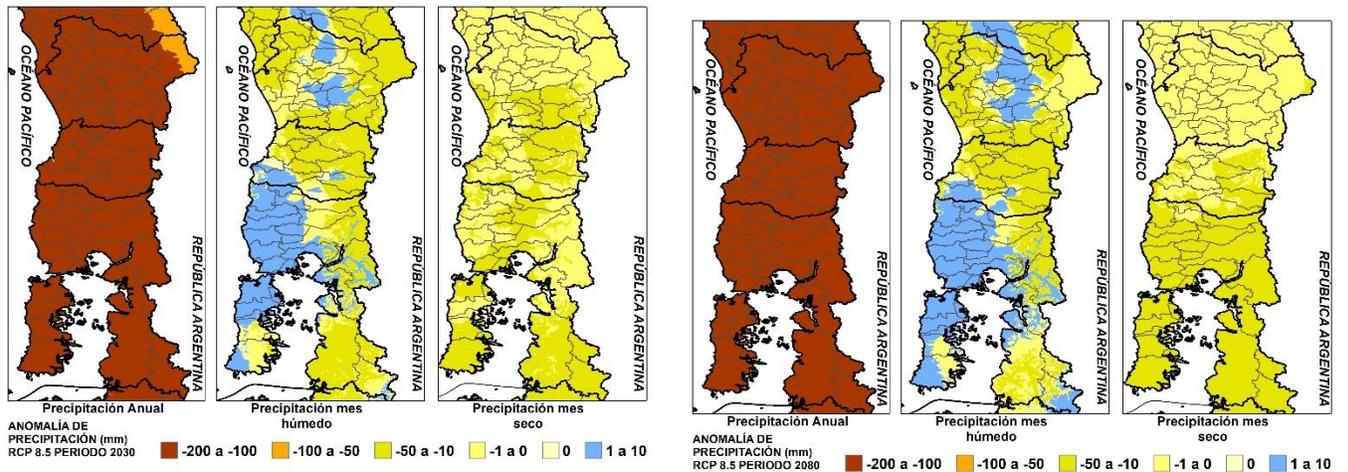


Figura 26: Distribución espacial de anomalías de precipitación para la zona sur de Chile, escenario RCP 8.5 (A: 2030, B: 2080)

7.2. Variaciones en la distribución de la vegetación potencial para Chile por macrorregiones

En la Tabla 16 presentan las 36 unidades vegetacionales homologadas a ecosistemas y sus números de identificación utilizados en esta investigación.

ID	Formación vegetacional	ID	Formación vegetacional
1	Bosque Caducifolio Mediterráneo Andino	19	Desierto Y Matorral Costero
2	Bosque Caducifolio Mediterráneo Costero	20	Estepas Y Pastizales
3	Bosque Caducifolio Templado Andino	21	Herbazal Altoandino Templado
4	Bosque Caducifolio Templado Costero	22	Herbazal Altoandino Tropical Mediterráneo
5	Bosque Esclerófilo Andino	23	Matorral Arborescente Mediterráneo
6	Bosque Esclerófilo Costero	24	Matorral Arborescente Templado
7	Bosque Esclerófilo Interior	25	Matorral Bajo Altoandino Mediterráneo
8	Bosque Espinoso Mediterráneo Costero	26	Matorral Bajo Altoandino Mediterráneo Tropical
9	Bosque Espinoso Mediterráneo Interior	27	Matorral Bajo Altoandino Templado
10	Bosque Espinoso Tropical	28	Matorral Bajo Altoandino Tropical
11	Bosque Laurifolio Costero	29	Matorral Bajo Desértico Andino
12	Bosque Laurifolio Interior	30	Matorral Bajo Desértico Interior
13	Bosque Resinoso Andino	31	Matorral Caducifolio
14	Bosque Resinoso Costero	32	Matorral Desértico Costero
15	Bosque Siempreverde Andino	33	Matorral Desértico Interior
16	Bosque Siempreverde Costero	34	Matorral Espinoso
17	Bosque Siempreverde Interior	35	Matorral Siempreverde
18	Desierto Absoluto	36	Turberas

Tabla 16: Valores de identificación asignados a unidades de vegetación utilizadas

7.2.1. Norte chico (Regiones III y IV) 25,5°S – 31,5°S

El tipo de vegetación dominante en el sector Norte Chico corresponde a matorrales, principalmente de tipo desértico y mediterráneos, donde las formaciones de bosques esclerófilo representan solo el 2% de la superficie de la zona.

	LÍNEA BASE	ESCENARIO RCP 2.6				ESCENARIO RCP 8.5			
		PERIODO 2030		PERIODO 2080		PERIODO 2030		PERIODO 2080	
FORMACIÓN	km ²	km ²	DIF	km ²	DIF	km ²	DIF	km ²	DIF
Bosque Esclerófilo Andino	1597	146	-1451	2112	514	86	-1511	122	-1475
Bosque Esclerófilo Costero	695	103	-593	443	-252	0	-695	18	-677
Bosque Espinoso Mediterraneo Interior	0	649	649	11207	11207	53	53	806	806
Bosque Espinoso Tropical	0	493	493	117	117	280	280	6	6
Desierto Absoluto	0	237	237	0	0	125	125	0	0
Herbazal Altoandino Tropical Mediterraneo	4284	977	-3307	1928	-2356	177	-4107	172	-4112
Matorral Arborescente Mediterraneo	4035	2118	-1917	2582	-1453	2311	-1725	1767	-2268
Matorral Bajo Altoandino Mediterraneo	2371	2153	-218	1810	-560	2073	-298	503	-1868
Matorral Bajo Altoandino Mediterraneo Tropical	32134	17599	-14534	20054	-12079	19827	-12306	17506	-14628
Matorral Bajo Altoandino Tropical	8518	12782	4264	7512	-1006	11841	3323	6102	-2416
Matorral Bajo Desértico Andino	12958	16212	3254	15563	2605	10601	-2357	5722	-7236
Matorral Bajo Desértico Interior	3095	1481	-1614	483	-2612	787	-2308	606	-2489
Matorral Desértico Costero	9167	14255	5088	18969	9803	14821	5654	21712	12545
Matorral Desértico Interior	45252	43295	-1957	41806	-3446	50290	5038	58208	12956
Matorral Espinoso	902	3531	2629	3346	2444	2760	1858	2780	1878

Tabla 17: Proyección de variación superficial (km²) de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión Norte chico.

	LÍNEA BASE	ESCENARIO RCP 2.6				ESCENARIO RCP 8.5			
		PERIODO 2030		PERIODO 2080		PERIODO 2030		PERIODO 2080	
FORMACIÓN	%	%	DIF%	%	DIF%	%	DIF%	%	DIF%
Bosque Esclerófilo Andino	1.3	0.1	-1.2	1.7	0.4	0.1	-1.2	0.1	-1.2
Bosque Esclerófilo Costero	0.6	0.1	-0.5	0.3	-0.2	0.0	-0.6	0.0	-0.5
Bosque Espinoso Mediterraneo Interior	0.0	0.6	0.6	8.8	8.8	0.0	0.0	0.7	0.7
Bosque Espinoso Tropical	0.0	0.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0
Desierto Absoluto	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
Herbazal Altoandino Tropical Mediterraneo	3.4	0.8	-2.6	1.5	-1.9	0.2	-3.3	0.1	-3.3
Matorral Arborescente Mediterraneo	3.2	1.8	-1.4	2.0	-1.2	2.0	-1.2	1.5	-1.7
Matorral Bajo Altoandino Mediterraneo	1.9	1.9	0.0	1.4	-0.5	1.8	-0.1	0.4	-1.5
Matorral Bajo Altoandino Mediterraneo Tropical	25.7	15.1	-10.6	15.7	-10.0	17.0	-8.7	15.1	-10.7
Matorral Bajo Altoandino Tropical	6.8	11.0	4.2	5.9	-0.9	10.2	3.4	5.2	-1.6
Matorral Bajo Desértico Andino	10.4	13.9	3.6	12.2	1.8	9.1	-1.3	4.9	-5.4
Matorral Bajo Desértico Interior	2.5	1.3	-1.2	0.4	-2.1	0.7	-1.8	0.5	-2.0
Matorral Desértico Costero	7.3	12.3	4.9	14.8	7.5	12.7	5.4	18.7	11.3
Matorral Desértico Interior	36.2	37.2	1.0	32.7	-3.5	43.2	7.0	50.0	13.9
Matorral Espinoso	0.7	3.0	2.3	2.6	1.9	2.4	1.7	2.4	1.7

Tabla 18: Proyección de variación porcentual de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión Norte chico.

En las proyecciones de cambio climático (Figura 29, Tabla 17 y Tabla 18), el escenario RCP 2.6 se caracteriza por una presencia incipiente de bosque espinoso mediterráneo interior, llegando a cubrir un 8,8% de la superficie de la zona hacia fines de siglo. Por su parte las unidades de matorral desértico en su conjunto también presentan un incremento de 43,5% a 47,5% entre matorral desértico costero y matorral desértico interior. La principal disminución sostenida corresponde a la unidad de matorral bajo altoandino mediterráneo tropical, que pasa de cubrir 25% de la zona a cubrir solo el 10%.

La expansión de la unidad de matorral desértico es dependiente principalmente por la precipitación del mes seco y en segundo lugar por la temperatura del mes

frío (63% y 26% respectivamente). Dado que en esta zona se presentan reducciones en todas las variables de precipitación, y que estas unidades requieren tener 0mm de precipitación en el mes seco para poder prosperar, las comunas de Salamanca y Vicuña son las que presentan las condiciones para su potencial expansión. En cuanto a temperatura, esta unidad requiere una temperatura mínima del mes más frío de entre 5°C y 10°C. El aumento de estas variables de temperatura en las zonas costeras e interiores facilitan la expansión sobre sectores que ya contaban con ausencia de precipitación en el mes seco.

La unidad de matorral bajo altoandino mediterráneo tropical es la que presenta la mayor disminución superficial en esa zona, perdiendo entre 12.000 y 14.000km² en ambos escenarios. Esta unidad está definida en un 80% por las variables de precipitación anual y de mes seco. Su óptimo se presenta en zonas con precipitación anual de entre 0 y 150mm aproximadamente, mientras que para el caso de la precipitación del mes seco requiere entre 0mm y 5mm. Para el caso de esta unidad, si bien la disminución de precipitación en el mes seco le favorece, requiere un mínimo de precipitación anual el cual determinaría este escenario. Otra variable a considerar es la temperatura media anual, la que determina un 15% del perfil de esta unidad. En esta variable el óptimo de su presencia se da en valores negativos, por lo que cualquier incremento positivo en la anomalía perjudica la presencia de esta unidad, especialmente cuando esta sobrepasa los 15°C. Considerando que las mismas características que limitan la presencia de esta unidad, son las que favorecen a unidades de matorral desértico, la expansión de los matorrales es coherente no solo con los datos de temperatura, sino también con el reemplazo de esta unidad.

En el escenario RCP 8.5 la diferencia principal se da en el aumento tanto en la unidad de matorral desértico (interior y costero). En la proyección al periodo 2080, esta unidad cubriría el 50% de la zona (y un 69% tomándola en conjunto con el matorral desértico costero). Esta importante presencia se da porque el 85% de su distribución está determinado por la precipitación del mes seco, requiriendo 0 mm de forma absoluta. Aunque la precipitación anual solo es responsable en un 7% de su distribución, esta también requiere de forma óptima 0mm, pero aceptando igualmente hasta 50mm. Por lo tanto, considerando la anomalía de precipitación del escenario RCP 8.5, gran parte de la zona pasaría a cumplir con estas condiciones, permitiendo su expansión.

A continuación se presentan las unidades vegetacionales con mayor variación en el área de estudio (Figura 27 y Figura 28). Para la revisión detallada del

desplazamiento individual de cada unidad vegetacional abordadas en esta investigación, revisar anexo 2.

Matorral desértico costero.

La distribución de esta formación está marcada por la temperatura mínima del mes frío junto con la precipitación del mes seco. Debido a la tendencia general de aumentos de temperatura y disminución de precipitaciones, se desprende que más sectores tendrán temperaturas de mes frío más elevadas, a la vez que también un aumento en los sectores con meses secos sin precipitación. Ambas condiciones explican de forma clara la expansión de esta unidad.

Bio 1: 0%	Bio 12: 9%
Bio 5: 1.8%	Bio 13: 0.2%
Bio 6: 25.7%	Bio 14: 63.2%

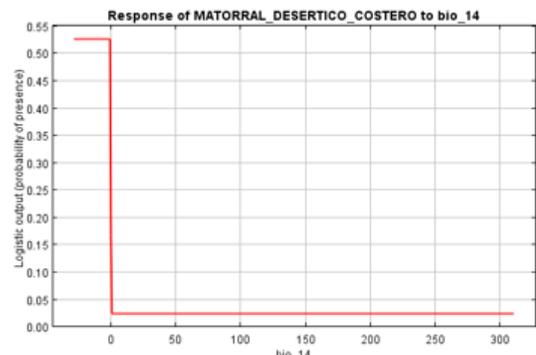
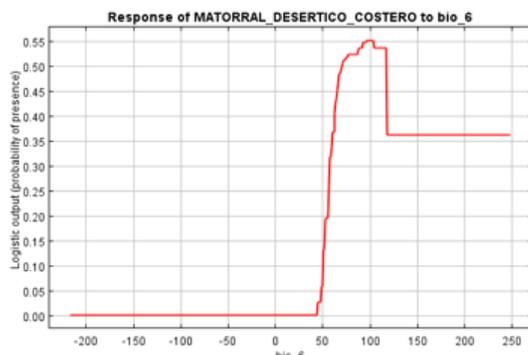
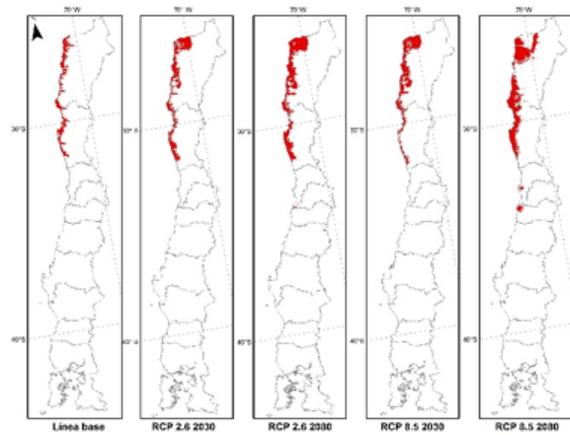


Figura 27: Modelamiento de proyección para unidad matorral desértico costero (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial).

Matorral bajo altoandino mediterráneo tropical.

En esta unidad se puede apreciar que, en el caso de la precipitación anual, requiere un monto mínimo por sobre 0mm para subsistir, pero que un valor de 0 lo reduce drásticamente, al igual que incrementos pronunciados. Esta unidad de vegetación se presenta originalmente en la zona donde existen anomalías positivas para precipitación en la zona andina altiplánica, explicando en buena medida su pérdida de distribución potencial

BIO 1: 15%	BIO 12: 40.3%
BIO 5: 0.8%	BIO 13: 0.5%
BIO 6: 3.1%	BIO 14: 40.3%

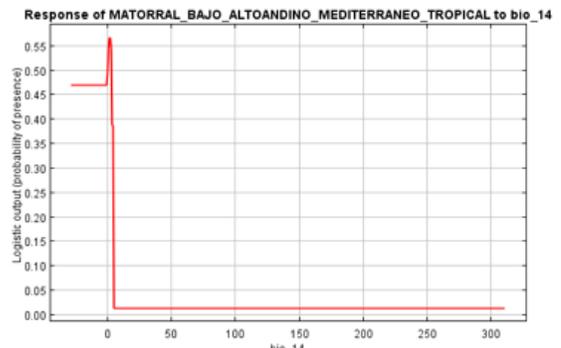
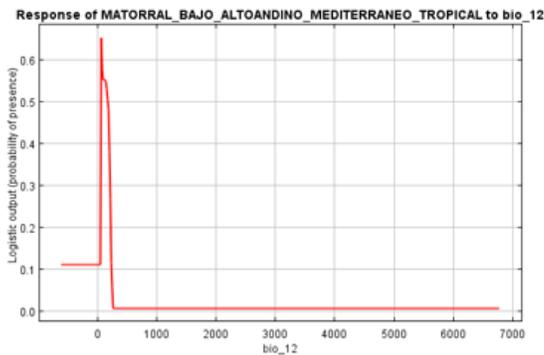
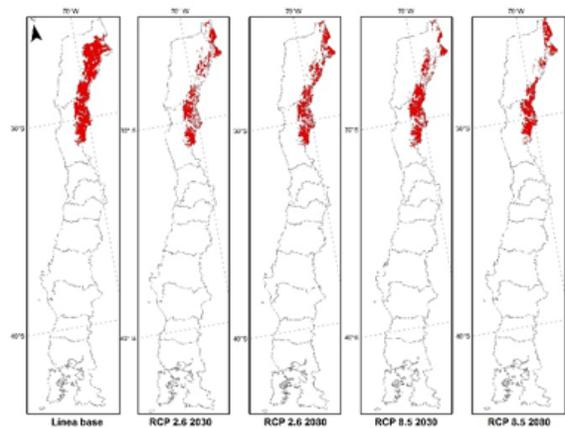


Figura 28: Modelamiento de proyección para unidad matorral bajo altoandino mediterráneo tropical (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial).

MODELACIÓN DE DISTRIBUCIÓN VEGETACIONAL A ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO NORTE CHICO



FORMACIONES VEGETACIONALES ID Formación

5
6
22
23
25
26
28
29
30
32
33
34

Proyección climática:
 - Línea base: Plischoff (2014)
 - Escenarios RCP: CSIRO 3.6
 Distribución de especies base:
 - Luebert & Plischoff (2006)
 Modelamiento de distribución:
 - MAXENT 3.3

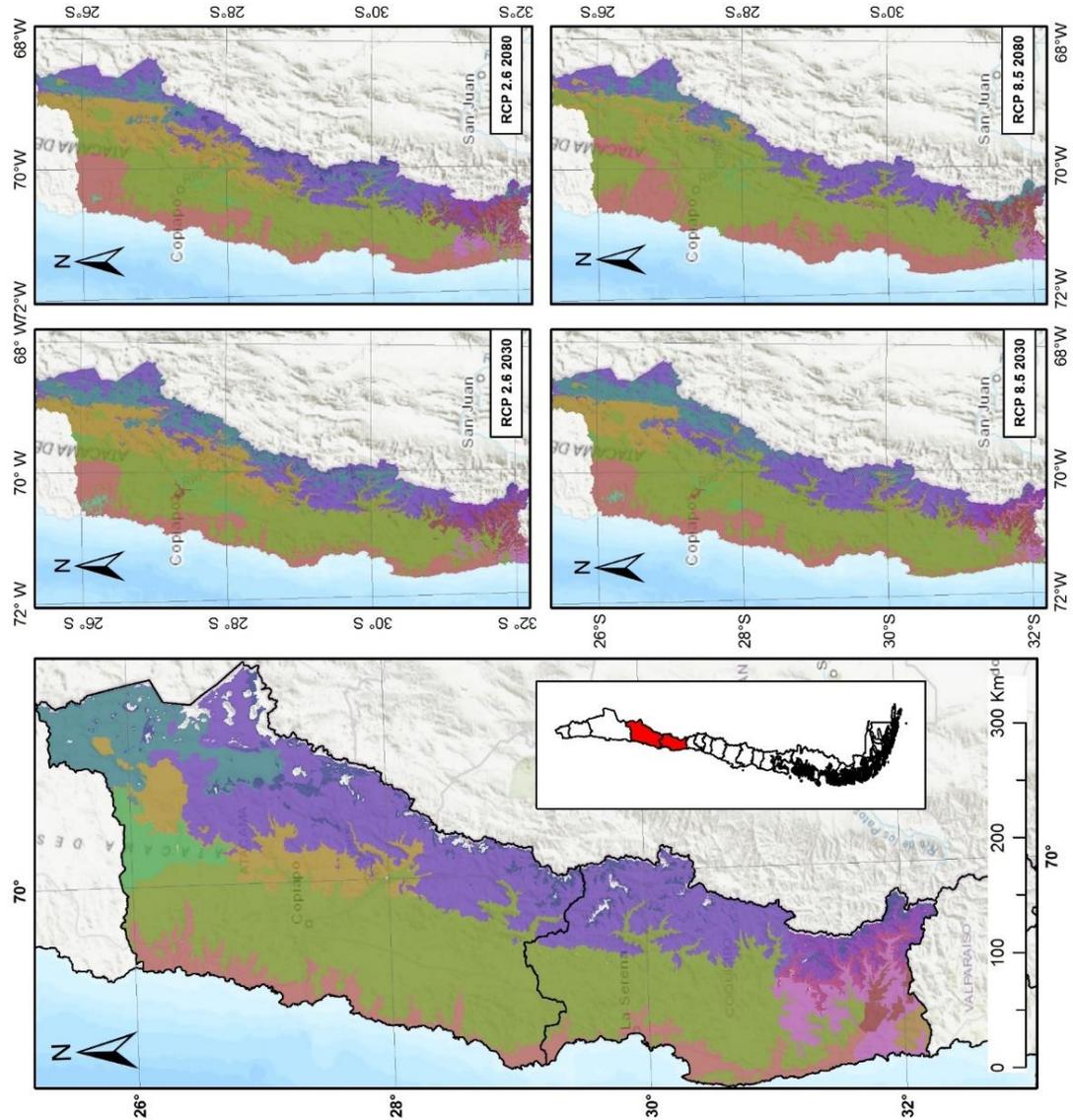


Figura 29: Modelación de distribución vegetación a escenarios de cambio climático, Norte Chico

Chile central (Regiones IV a VIII) 31,5°S - 38,5°S

En su línea base, la zona de Chile central está dominada primero por bosque esclerófilo (37%) desde el sector norte y hasta el límite sur del área por el sector interior; y bosque caducifolio (25%) desde los 35°S en las zonas andinas y cordilleranas.

Son estas mismas unidades de vegetación las que presentan reducciones generales en ambos escenarios y periodos a nivel general, con diferencias puntuales en composición interna y cantidades entre los periodos y escenarios. Las unidades que presentan aumentos sostenidos más característicos son matorral espinoso y matorral arborescente mediterráneo (Figura 33, Tabla 19 y Tabla 20).

FORMACIÓN	LÍNEA BASE km ²	ESCENARIO RCP 2.6				ESCENARIO RCP 8.5			
		PERIODO 2030		PERIODO 2080		PERIODO 2030		PERIODO 2080	
		km ²	DIF	km ²	DIF	km ²	DIF	km ²	DIF
Bosque Caducifolio Mediterráneo Andino	10796	12859	2062	9634	-1163	10209	-587	16390	5594
Bosque Caducifolio Mediterráneo Costero	7682	8271	589	6767	-915	5798	-1884	435	-7247
Bosque Caducifolio Templado Andino	4103	3680	-423	2501	-1602	2911	-1192	657	-3445
Bosque Caducifolio Templado Costero	6006	1857	-4150	2095	-3911	2141	-3865	1431	-4576
Bosque Esclerófilo Andino	9052	8708	-344	10149	1097	12252	3200	8423	-630
Bosque Esclerófilo Costero	14680	12237	-2444	14841	161	10605	-4075	10586	-4094
Bosque Esclerófilo Interior	19326	21994	2668	17283	-2044	21408	2081	12915	-6411
Bosque Espinoso Mediterráneo Costero	3384	667	-2716	1620	-1764	2018	-1365	2236	-1147
Bosque Espinoso Mediterráneo Interior	14034	12842	-1191	13648	-385	10812	-3222	17014	2981
Bosque Laurifolio Costero	1033	174	-859	171	-862	30	-1003	4	-1029
Bosque Resinoso Andino	926	1521	595	1985	1059	1985	1059	1317	391
Bosque Resinoso Costero	145	25	-119	44	-101	2	-142	0	-145
Bosque Siempreverde Andino	176	0	-176	18	-158	0	-176	0	-176
Estepas Y Pastizales	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Herbazal Altoandino Templado	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Herbazal Altoandino Tropical Mediterráneo	5054	4328	-726	4266	-789	2677	-2378	1466	-3588
Matorral Arborescente Mediterráneo	3080	8764	5685	11046	7966	9467	6388	19019	15940
Matorral Bajo Altoandino Mediterráneo	12459	9702	-2757	11928	-531	12234	-225	8474	-3985
Matorral Bajo Altoandino Templado	506	401	-105	182	-324	256	-250	15	-492
Matorral Bajo Altoandino Tropical	131	0	-131	107	-24	701	570	1204	1073
Matorral Desértico Costero	29	0	-29	120	91	0	-29	875	846
Matorral Desértico Interior	1302	0	-1302	1209	-94	2486	1184	9428	8125
Matorral Espinoso	1582	5434	3852	5319	3737	6937	5355	3042	1460

Tabla 19: Proyección de variación superficial (km²) de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión Chile central.

FORMACIÓN	LÍNEA BASE	ESCENARIO RCP 2.6				ESCENARIO RCP 8.5			
		PERIODO 2030		PERIODO 2080		PERIODO 2030		PERIODO 2080	
		%	DIF%	%	DIF%	%	DIF%	%	DIF%
Bosque Caducifolio Mediterráneo Andino	9.3	11.3	2.0	8.4	-1.0	8.9	-0.5	14.3	4.9
Bosque Caducifolio Mediterráneo Costero	6.7	7.3	0.6	5.9	-0.8	5.0	-1.6	0.4	-6.3
Bosque Caducifolio Templado Andino	3.6	3.2	-0.3	2.2	-1.4	2.5	-1.0	0.6	-3.0
Bosque Caducifolio Templado Costero	5.2	1.6	-3.6	1.8	-3.4	1.9	-3.3	1.2	-4.0
Bosque Esclerófilo Andino	7.8	7.7	-0.2	8.8	1.0	10.7	2.8	7.3	-0.5
Bosque Esclerófilo Costero	12.7	10.8	-1.9	12.9	0.2	9.2	-3.5	9.2	-3.5
Bosque Esclerófilo Interior	16.7	19.4	2.6	15.0	-1.7	18.6	1.9	11.2	-5.5
Bosque Espinoso Mediterráneo Costero	2.9	0.6	-2.3	1.4	-1.5	1.8	-1.2	1.9	-1.0
Bosque Espinoso Mediterráneo Interior	12.2	11.3	-0.8	11.9	-0.3	9.4	-2.7	14.8	2.7
Bosque Laurifolio Costero	0.9	0.2	-0.7	0.1	-0.7	0.0	-0.9	0.0	-0.9
Bosque Resinoso Andino	0.8	1.3	0.5	1.7	0.9	1.7	0.9	1.1	0.3
Bosque Resinoso Costero	0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1
Bosque Siempreverde Andino	0.2	0.0	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.2	0.0	-0.2
Estepas Y Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Herbazal Altoandino Templado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Herbazal Altoandino Tropical Mediterráneo	4.4	3.8	-0.6	3.7	-0.7	2.3	-2.0	1.3	-3.1
Matorral Arborescente Mediterráneo	2.7	7.7	5.1	9.6	6.9	8.2	5.6	16.5	13.9
Matorral Bajo Altoandino Mediterráneo	10.8	8.6	-2.2	10.4	-0.4	10.6	-0.1	7.4	-3.4
Matorral Bajo Altoandino Templado	0.4	0.4	-0.1	0.2	-0.3	0.2	-0.2	0.0	-0.4
Matorral Bajo Altoandino Tropical	0.1	0.0	-0.1	0.1	0.0	0.6	0.5	1.0	0.9
Matorral Desértico Costero	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.8	0.7
Matorral Desértico Interior	1.1	0.0	-1.1	1.1	-0.1	2.2	1.0	8.2	7.1
Matorral Espinoso	1.4	4.8	3.4	4.6	3.3	6.0	4.7	2.6	1.3

Tabla 20: Proyección de variación porcentual de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión Chile central.

En el escenario RCP 2.6 se caracteriza por un aumento de matorral arborescente mediterráneo en las zonas costeras e interiores entre los 32°S y los 34,5°S, donde pasa de cubrir el 2,7% del área, a un 9,6%, siendo la única unidad con una expansión proporcional a su cobertura inicial de esa magnitud.

La otra unidad con una expansión considerable es matorral espinoso. Para el escenario RCP 2.6 pasa de cubrir un 1,4% (1582km²) a un 4,6% (5319km²) esta expansión ocurre a lo largo de la franja andina llegando hasta los 34,5°S, acompañando la expansión de matorral arborescente mediterráneo desde el sector este.

En el largo plazo, las unidades con mayor reducción son las de bosque caducifolio, que en su conjunto presentan una reducción de un 24,8% a un 18,3%, perdiendo 7591 km². Esta unidad comienza a ser reemplazada por las formaciones de bosque esclerófilo que avanzan en sentido sur.

En el escenario RCP 8.5 esta tendencia se mantiene con en diferentes magnitudes. Matorral arborescente mediterráneo pasa a cubrir el 13,9% del área de estudio, y aunque a diferencia del escenario RCP 2.6 matorral espinoso

aumenta solo en un 1,3%; en su lugar se aprecia una expansión masiva de matorral desértico interior, el que cubre hasta un 7,1% del área de estudio, principalmente entre los 32°S y los 34°S.

Las principales reducciones corresponden a bosques esclerófilos y caducifolios, los que a excepción del bosque caducifolio mediterráneo andino, todos presentan reducciones significativas. Bosque caducifolio mediterráneo andino presenta una expansión significativa de un 9,3% a un 14,3% del área de estudio. Esto ocurre en la zona sur del sector andino, donde su expansión presenta un reemplazo con respecto al bosque caducifolio templado andino, el que prácticamente desaparece de la zona de Chile Central.

A continuación se presentan las unidades vegetacionales con mayor variación en el área de estudio (Figura 30, Figura 31, Figura 32). Para la revisión detallada del desplazamiento individual de cada unidad vegetacional abordadas en esta investigación, revisar anexo 2.

Matorral arborescente mediterráneo

De las curvas de respuesta se desprende que esta unidad vegetacional requiere mes seco con 0mm y que su distribución se explica casi completamente por esta variable. Esto hace relación con las anomalías negativas en esta variable presentes en la zona central de Chile, siendo esta expansión una respuesta directa a esa pérdida de precipitaciones.

BIO 1: 5.5%	BIO 12: 12.6%
BIO 5: 1.8%	BIO 13: 10.2%
BIO 6: 3.8%	BIO 14: 66.1%

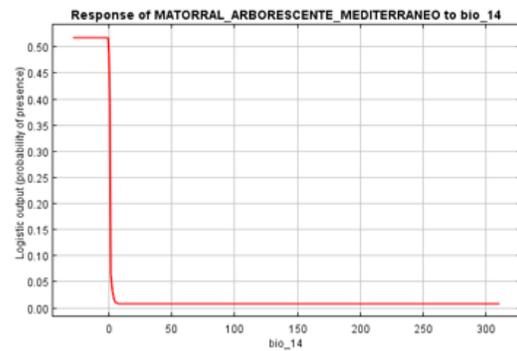
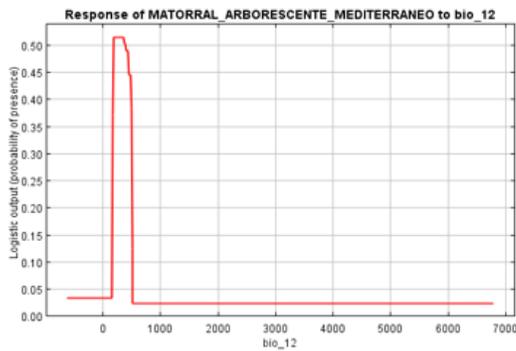
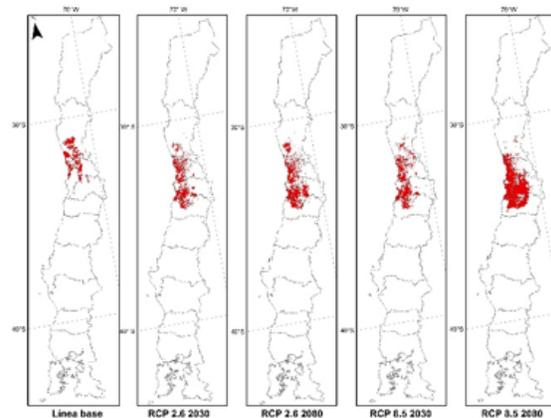


Figura 30: Modelamiento de proyección para unidad matorral arborescente mediterráneo (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial).

Bosque caducifolio mediterráneo costero

BIO 1: 34.8%	BIO 12: 1.6%
BIO 5: 15.8%	BIO 13: 34.1%
BIO 6: 4.9%	BIO 14: 8.8%

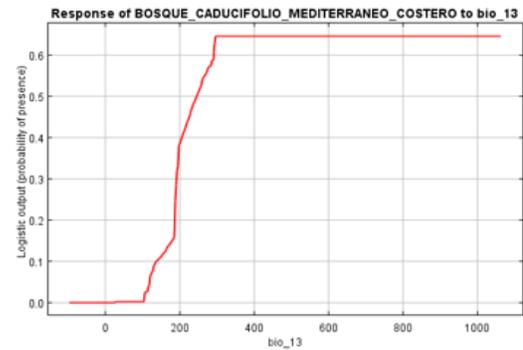
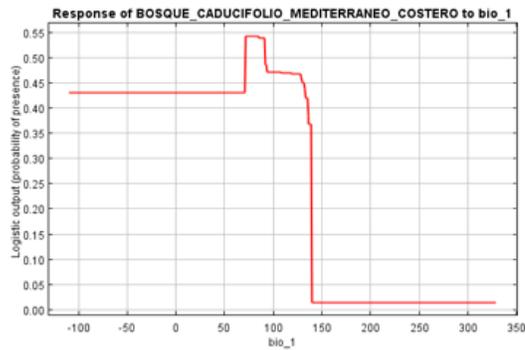
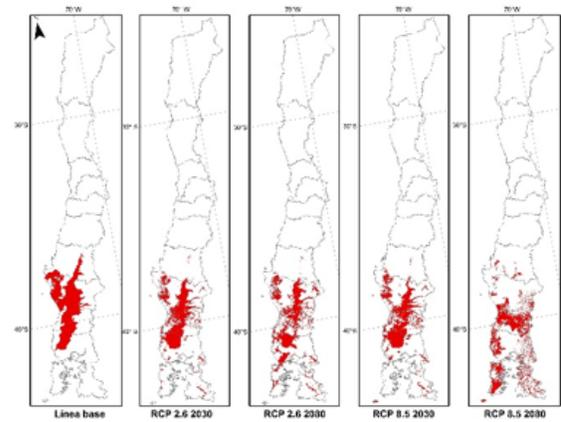


Figura 31: Modelamiento de proyección para unidad bosque caducifolio mediterráneo costero (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial).

Matorral desértico interior

La tendencia para esta unidad es clara en el sentido de los aumentos en la temperatura media anual, y la disminución en la precipitación del mes húmedo reducen significativamente la probabilidad que esta unidad se encuentre presente en la zona. Ambas condiciones se encuentran presentes como anomalías positivas de temperatura general y anomalías negativas con respecto a precipitación en todas sus variables en la zona central.

BIO 1: 0.2%	BIO 12: 92.4%
BIO 5: 0.1%	BIO 13: 0.3%
BIO 6: 2%	BIO 14: 5%

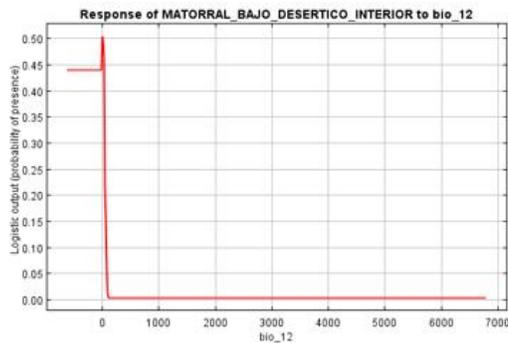
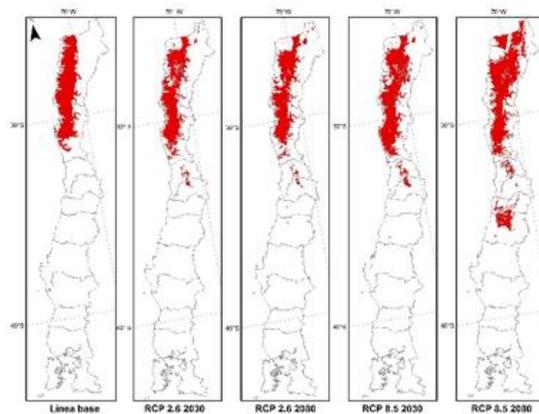


Figura 32: Modelamiento de proyección para unidad matorral bajo desértico interior (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial.

Esta unidad depende sobre un 90% de la precipitación anual donde requiere valores de precipitación anual muy bajos o preferiblemente 0mm. En el escenario RCP 8.5 la anomalía negativa de precipitación es sustancial en los sectores norte de la zona estudiada, siendo la respuesta evidente a esta tendencia a ambientes áridos y semiáridos.

**MODELACIÓN DE
DISTRIBUCIÓN
VEGETACIONAL A
ESCENARIOS DE
CAMBIO CLIMÁTICO
CHILE CENTRAL**



Climatología

FORMACIONES
VEGETACIONALES

ID Formación

1	11
2	13
3	14
4	15
5	22
6	23
7	25
8	27
9	34

Proyección climática:
 - Línea base: Plissock (2014)
 - Escenarios RCP: CSIRO 3.6
 Distribución de especies base:
 - Luebert & Plissock (2006)
 Modelamiento de distribución:
 - MAXENT 3.3

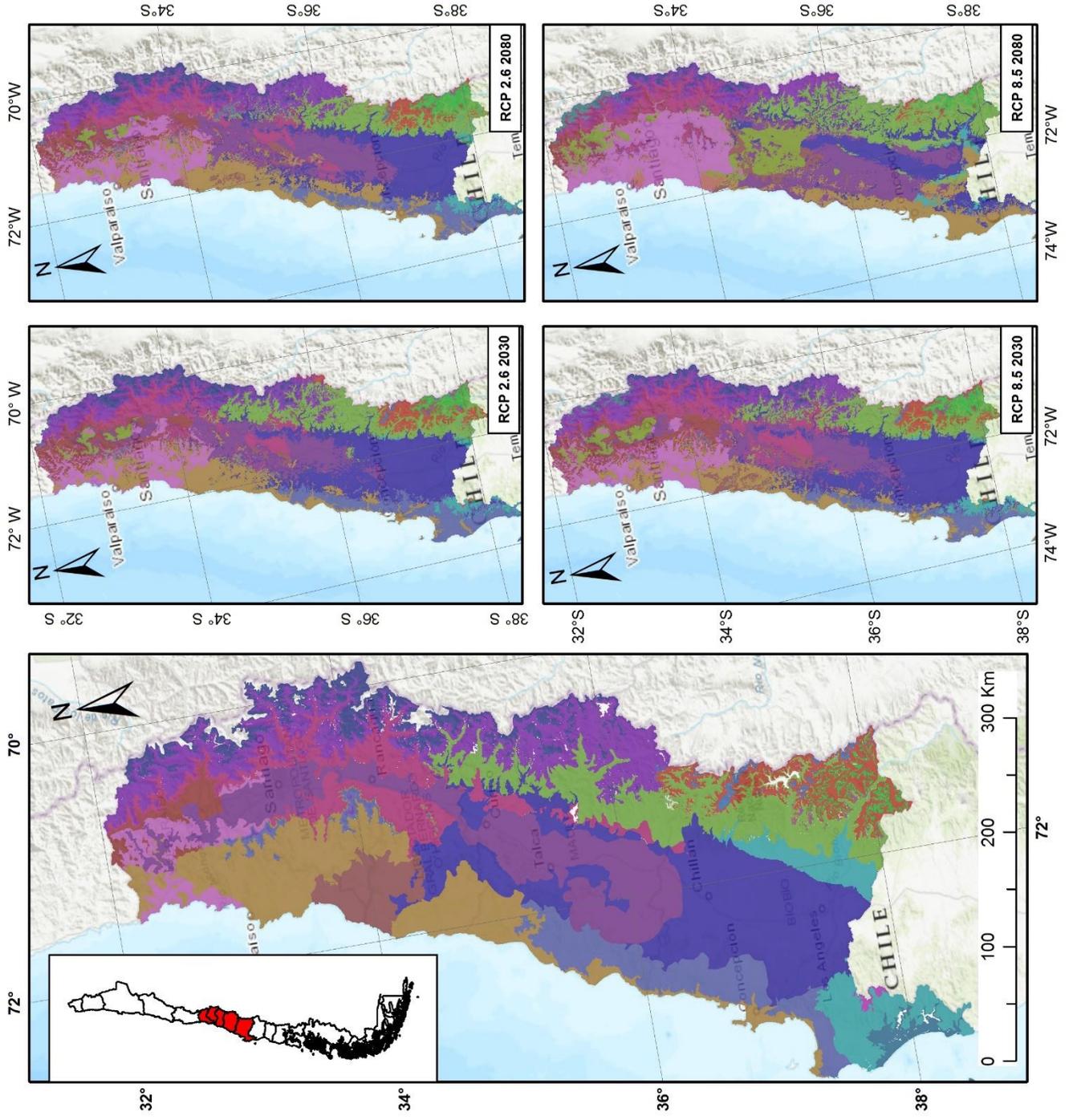


Figura 33: Modelación de distribución vegetación a escenarios de cambio climático, Chile Central

7.2.2. Zona Sur (Regiones IX, XIV y X) 38,5°S – 44°S

La zona sur de Chile se caracteriza en su línea base por estar cubierta en un 50% por bosques de tipo caducifolio, y en segundo lugar por bosques de tipo siempreverde, que cubren 22% de la zona (Figura 37 Tabla 21, Tabla 22)

En el escenario RCP 2.6 se proyecta una reducción general a un 42% de la superficie y los bosques siempreverdes a un 14,3%. Estas superficies son reemplazadas a su vez por bosque esclerófilo y bosque Laurifolio. Esta transformación y desplazamiento sigue la misma gradiente latitudinal que las anomalías climáticas.

FORMACIÓN	LÍNEA BASE km ²	ESCENARIO RCP 2.6				ESCENARIO RCP 8.5			
		PERIODO 2030 km ²	DIF	PERIODO 2080 km ²	DIF	PERIODO 2030 km ²	DIF	PERIODO 2080 km ²	DIF
Bosque Caducifolio Mediterraneo Andino	6664	5941	-724	6129.1	-535	6294.2	-370	8051	1387
Bosque Caducifolio Mediterraneo Costero	0	1838	1838	2203.8	2204	950.7	951	2846	2846
Bosque Caducifolio Templado Andino	13187	8983	-4204	6786.2	-6401	8590.5	-4596	3814	-9373
Bosque Caducifolio Templado Costero	27429	25793	-1636	25936.7	-1492	26051.7	-1377	27259	-170
Bosque Esclerofilo Andino	0	0	0	0.0	0	0.0	0	174	174
Bosque Esclerofilo Costero	0	253	253	1906.3	1906	637.7	638	9182	9182
Bosque Esclerofilo Interior	2779	8769	5990	11049.7	8271	12246.7	9468	23572	20793
Bosque Espinoso Mediterraneo Interior	0	0	0	0.0	0	0.0	0	983	983
Bosque Laurifolio Costero	2559	2558	-2	3548.1	989	1919.9	-639	4447	1887
Bosque Laurifolio Interior	10602	20654	10053	17640.4	7039	19112.2	8510	3949	-6653
Bosque Resinoso Andino	6599	6460	-139	7344.1	745	7937.3	1338	11653	5053
Bosque Resinoso Costero	3780	628	-3152	1083.5	-2696	566.6	-3213	29	-3751
Bosque Siempreverde Andino	5421	11732	6311	10272.9	4852	9987.2	4566	888	-4534
Bosque Siempreverde Interior	15404	3758	-11646	3703.2	-11701	3110.2	-12294	442	-14962
Estepas Y Pastizales	0	4	4	0.0	0	20.4	20	0	0
Herbazal Altoandino Templado	151	153	2	54.4	-96	132.7	-18	7	-144
Herbazal Altoandino Tropical Mediterraneo	0	0	0	0.0	0	0.0	0	3	3
Matorral Arborescente Templado	0	32	32	2.3	2	39.8	40	1	1
Matorral Bajo Altoandino Mediterraneo	0	0	0	0.0	0	0.0	0	362	362
Matorral Bajo Altoandino Templado	100	141	41	25.4	-74	89.8	-10	45	-55
Matorral Caducifolio	39	20	-19	29.6	-9	28.3	-11	0	-39
Turberas	0	0	0	0.0	0	0.0	0	12	12

Tabla 21: Proyección de variación superficial (km²) de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión zona sur.

	LÍNEA BASE	ESCENARIO RCP 2.6				ESCENARIO RCP 8.5			
		PERIODO 2030		PERIODO 2080		PERIODO 2030		PERIODO 2080	
FORMACIÓN	%	%	DIF%	%	DIF%	%	DIF%	%	DIF%
Bosque Caducifolio Mediterráneo Andino	7.0	6.1	-1.0	6.3	-0.8	6.4	-0.6	8.2	1.2
Bosque Caducifolio Mediterráneo Costero	0.0	1.9	1.9	2.3	2.3	1.0	1.0	2.9	2.9
Bosque Caducifolio Templado Andino	13.9	9.2	-4.7	6.9	-7.0	8.8	-5.1	3.9	-10.0
Bosque Caducifolio Templado Costero	29.0	26.4	-2.6	26.5	-2.4	26.7	-2.3	27.9	-1.1
Bosque Esclerófilo Andino	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2
Bosque Esclerófilo Costero	0.0	0.3	0.3	2.0	2.0	0.7	0.7	9.4	9.4
Bosque Esclerófilo Interior	2.9	9.0	6.0	11.3	8.4	12.5	9.6	24.1	21.2
Bosque Espinoso Mediterráneo Interior	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Bosque Laurifolio Costero	2.7	2.6	-0.1	3.6	0.9	2.0	-0.7	4.6	1.8
Bosque Laurifolio Interior	11.2	21.1	9.9	18.1	6.9	19.6	8.4	4.0	-7.2
Bosque Resinoso Andino	7.0	6.6	-0.4	7.5	0.5	8.1	1.2	11.9	5.0
Bosque Resinoso Costero	4.0	0.6	-3.3	1.1	-2.9	0.6	-3.4	0.0	-4.0
Bosque Siempreverde Andino	5.7	12.0	6.3	10.5	4.8	10.2	4.5	0.9	-4.8
Bosque Siempreverde Interior	16.3	3.8	-12.4	3.8	-12.5	3.2	-13.1	0.5	-15.8
Estepas Y Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Herbazal Altoandino Templado	0.2	0.2	0.0	0.1	-0.1	0.1	0.0	0.0	-0.2
Herbazal Altoandino Tropical Mediterráneo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Matorral Arborescente Templado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Matorral Bajo Altoandino Mediterráneo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4
Matorral Bajo Altoandino Templado	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.1	0.0	0.0	-0.1
Matorral Caducifolio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Turberas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 22: Proyección de variación porcentual de unidades de vegetación en escenarios de cambio climático, macrorregión zona sur.

A continuación se presentan las unidades vegetacionales con mayor variación en el área de estudio (Figura 34, Figura 35, Figura 36) Para la revisión detallada del desplazamiento individual de cada unidad vegetacional abordadas en esta investigación, revisar anexo 2.

Bosque caducifolio templado andino.

Esta unidad de vegetación es fuertemente dependiente de la temperatura media anual y la precipitación del mes seco. Debido a que dichas variables presentan cambios significativos en la zona (de 10°C a 13°C y de 52mm a 41mm respectivamente en el escenario RCP 8.5 al periodo 2080), estas anomalías cruzan los umbrales de tolerancia que determinan la localización de la especie (particularmente BIO 1, que sobrepasa el umbral de 11°C-12°C que determina su localización).

BIO 1: 46.8%	BIO 12: 0.7%
BIO 5: 1.6%	BIO 13: 0.4%
BIO 6: 3.9%	BIO 14: 46.6%

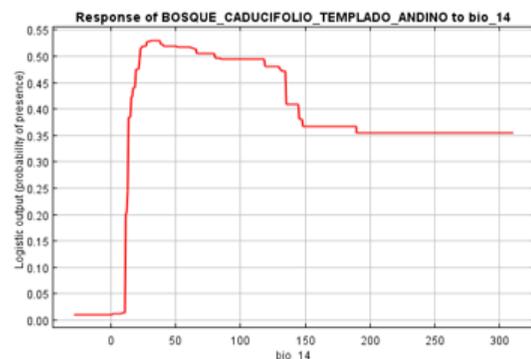
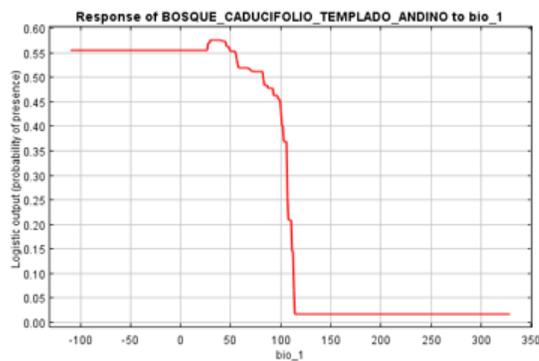
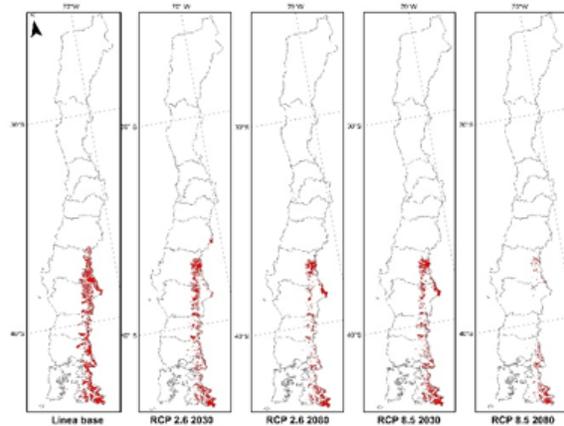


Figura 34: Modelamiento de proyección para unidad bosque caducifolio templado andino (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial).

Bosque esclerófilo interior.

Esta formación vegetal presenta un aumento significativo en el escenario RCP 8.5 al periodo 2080. En primera instancia esta especie está definida por la precipitación del mes húmedo, la que para este escenario se mantiene en el rango de los 280mm, no generando mayores cambios por parte de esta variable. El cambio se ve dado por la temperatura media anual, la que en este escenario cambia de 10,2°C a 13,1°C, pasando de estar en el margen de su curva de respuesta a estar en el punto óptimo de esta, alcanzando por tanto sus condiciones ideales.

BIO 1: 39.7%	BIO 12: 0.1%
BIO 5: 11%	BIO 13: 42.3%
BIO 6: 1.4%	BIO 14: 5.6%

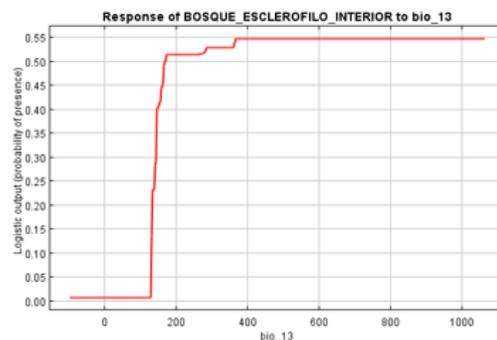
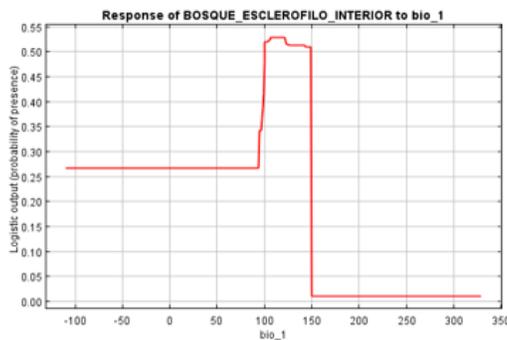
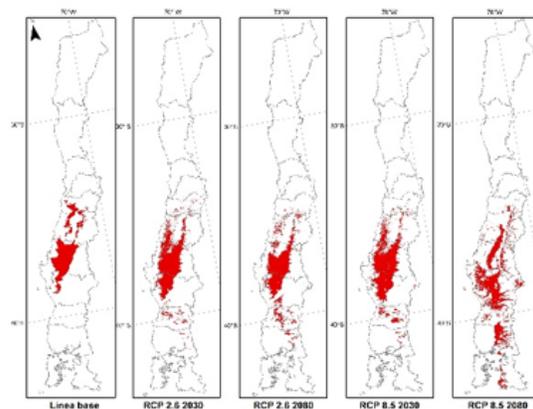


Figura 35: Modelamiento de proyección para unidad bosque esclerófilo interior (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial).

Bosque siempreverde interior.

En esta formación se presenta una reducción casi total al escenario RCP 8.5 2080. La alta dependencia que presenta a la precipitación del mes seco coincide con la reducción para este escenario de 52mm a 41mm, desapareciendo casi en su totalidad las zonas con las condiciones para esta unidad.

Esta zona las unidades vegetacionales presentan un patrón similar a las otras macrorregiones, con una tendencia a migrar hacia el sur y en dirección hacia los macrorrelieves (Cordillera de Los Andres). Cabe destacar que lo que diferencia a esta macrorregión del resto es su condición de insularidad (vicarianza) en Chiloé. El modelamiento presenta desplazamientos de zonas ideales para el emplazamiento de las unidades de vegetación, sin embargo, no considera la capacidad de migración de las especies. La presencia de barreras geográficas significativas en esta macrorregión implica que si bien el nicho ecológico se desplaza, no lo harán así las especies modeladas (nicho realizado).

BIO 1: 5.8%	BIO 12: 5.2%
BIO 5: 11%	BIO 13: 0.3%
BIO 6: 0.7%	BIO 14: 77%

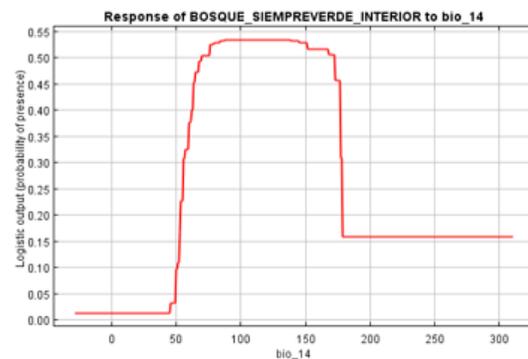
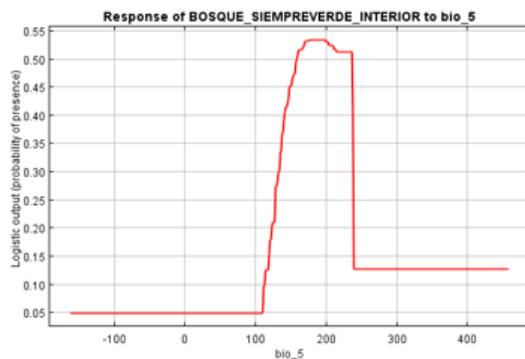
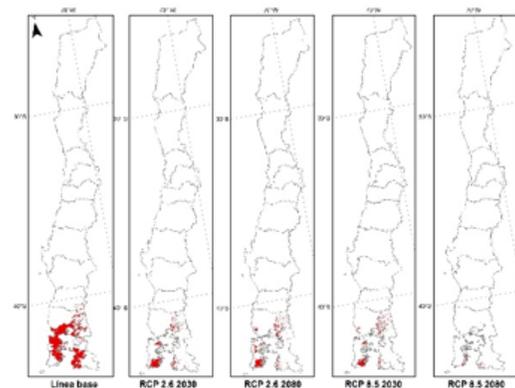


Figura 36: Modelamiento de proyección para unidad bosque siempreverde interior (curvas de respuesta, dependencia en variables bioclimáticas y distribución espacial potencial).

**MODELACIÓN DE
DISTRIBUCIÓN
VEGETACIONAL A
ESCENARIOS DE
CAMBIO CLIMÁTICO
ZONA SUR**



FORMACIONES VEGETACIONALES

ID Formaciones	Color	ID Formaciones	Color
1	Green	25	Purple
2	Blue	26	Dark Blue
3	Red	27	Light Blue
4	Teal	28	Dark Teal
5	Pink	29	Yellow
6	Brown	30	Orange
7	Dark Blue	31	Light Green
8	Brown	32	Red
9	Purple	33	Light Green
10	Green	34	Dark Blue
11	Dark Blue	35	Purple
12	Yellow	36	Brown

Proyección climática:
 - Línea base: Plissock (2014)
 - Escenarios RCP: CSIRO 3.6
 - Distribución de especies base: Luebert & Plissock (2006)
 - Modelamiento de distribución: MAXENT 3.3

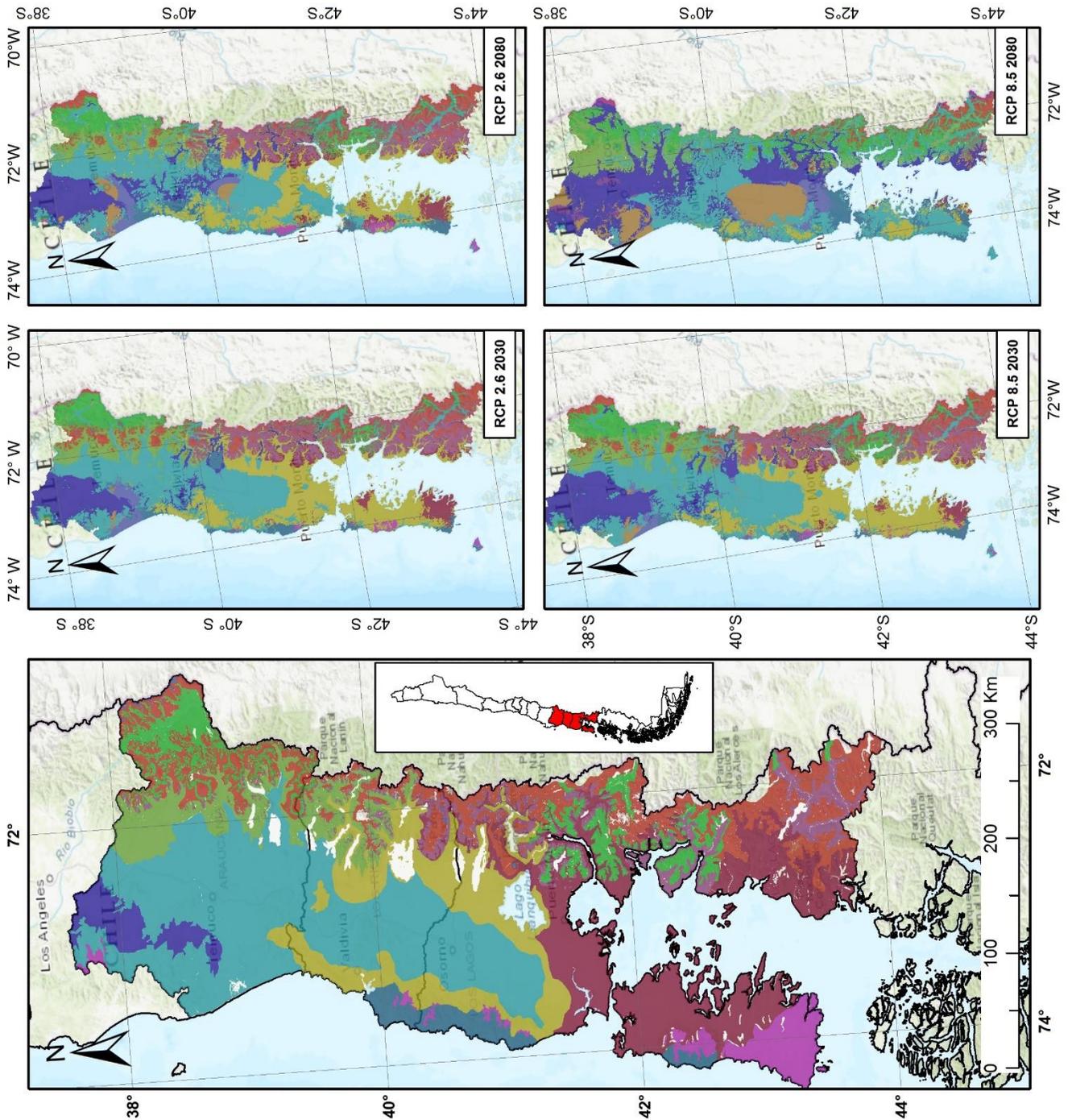


Figura 37: Modelación de distribución vegetal a escenarios de cambio climático, zona sur.

7.3. Transformación de ambientes mediterráneos a semi-áridos en Chile central a nivel de cuencas.

Se realizó la relación entre las unidades vegetacionales con tipos climáticos para las cuencas de Chile Central calculando el porcentaje de cobertura de cada tipo de clima sobre la superficie de cada cuenca (Tabla 23). Este porcentaje se utilizó para caracterizar cada cuenca según su predominancia de vegetación asociada a climas semiáridos o templados.

CUENCA	Semiárido (%)	Templado (%)
río Choapa	21,1	78,9
costeras entre río Choapa y río Quilimarí	100	0
río Quilimarí	16,8	83,2
costeras entre río Quilimarí y río Petorca	50,7	49,3
río Petorca	48,1	51,9
río Ligua	50,1	49,9
costeras entre río Ligua y río Aconcagua	64,7	35,3
río Aconcagua	21,2	78,9
costeras entre río Aconcagua y río Maipo	0,7	99,3
río Maipo	3,6	96,8
costeras entre río Maipo y río Rapel	0	100
río Rapel	0	100
costeras río Rapel y estero Nilahue	0	100
costeras entre límite Regional y río Mataquito	0	100
río Mataquito	0	100
costeras entre río Mataquito y río Maule	0	100
río Maule	0	100
costeras entre río Maule y Limite Regional	0	100
costeras entre limite Regional y río Itata	0	100
río Itata	0	100
río Biobío	0	100
río Carampangue	0	100
costeras entre río Carampangue y río Lebu	0	100
Río Lebu	0	100
Costeras Lebu-Paicavi	0	100
Costeras e Islas entre R.Paicavi y Limite Region	0	100

Costeras Limite Region y R. Imperial	0	100
Rio Imperial	0	100

Tabla 23: Porcentaje de asociación a climas semiáridos y templados en cuencas de Chile Central para periodo actual (línea base).

De las cuencas abordadas en el área de estudio, las hoyas hidrográficas costeras situadas entre río Choapa y río Quilimarí; costeras entre río Quilimarí y río Petorca; río La Ligua, y costera entre río La Ligua y río Aconcagua; presentan una cobertura de vegetación asociada a climas semiáridos por sobre un 50%, siendo por tanto clasificados en esa categoría.

Las cuencas con un porcentaje importante (<20%) de vegetación asociada a clima semiárido pero inferior a 50%, corresponden a las cuencas de los ríos Choapa, río Petorca y río Aconcagua. Todo el resto de las cuencas son muy predominantemente de vegetación asociada a clima templado, siendo esta la característica predominante de la zona de Chile Central.

La distribución geográfica de las cuencas con porcentajes importantes y predominantes de vegetación de clima semiárido corresponde principalmente al sector situado entre los 35,6°S y los 37°S; en los sectores costeros (hasta los 36,6°S, región de Valparaíso) y el sector interior (llegando al sector norte de la región Metropolitana)

7.3.1. Proyecciones de cambio climático

Para estimar la transformación potencial de ambientes templados a semiáridos utilizando los modelamientos ya realizados se procedió a asociar cada unidad de vegetación con su tipo de clima predominante. Al caracterizar cada tipo de vegetación un indicador de ambiente semiárido o templado, el desplazamiento potencial de esta vegetación ya generado por MAXENT permite utilizar las proyecciones de vegetación obtenidas, y calcular la fracción de cada cuenca potencialmente cubierta por vegetación característica de ambientes semiáridos y de ambientes templados, pudiendo así aproximar las características ambientales generales de cada cuenca para las proyecciones de cambio climático.

Las Tabla 24 y Tabla 25 presentan los resultados de dichas proyecciones para los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 a los periodos 2030 y 2080.

CUENCA	% Semiárido LB	% Templado en LB	% de Semiárido en RCP 2.6 2030	% de Semiárido en RCP 2.6 2080
río Choapa	21,1	78,9	52,2	61,5
costeras entre río Choapa y río Quilimarí	100	0	100	100
río Quilimarí	16,8	83,2	73,4	66,8
costeras entre río Quilimarí y río Petorca	50,7	49,3	68,9	68,4
río Petorca	48,1	51,9	89,3	91,1
río Ligua	50,1	49,9	86,1	87,6
costeras entre río Ligua y río Aconcagua	64,7	35,3	69,1	75,3
río Aconcagua	21,2	78,9	43,8	45,5
costeras entre río Aconcagua y río Maipo	0,7	99,3	31,4	49,4
río Maipo	3,6	96,8	35,2	41,0
costeras entre río Maipo y río Rapel	0	100	69,7	72,0
río Rapel	0	100	13,6	17,9
costeras río Rapel y estero Nilahue	0	100	0,0	0,6
costeras entre límite Regional y río Mataquito	0	100	0,0	0,0
río Mataquito	0	100	0,0	0,7
costeras entre río Mataquito y río Maule	0	100	0,0	0,0
río Maule	0	100	0,0	0,0
costeras entre río Maule y Limite Regional	0	100	0,0	0,0
costeras entre limite Regional y río Itata	0	100	0,0	0,0
río Itata	0	100	0,0	0,0
río Biobío	0	100	0,0	0,0
río Carampangue	0	100	0,0	0,0
costeras entre río Carampangue y río Lebu	0	100	0,0	0,0
Río Lebu	0	100	0,0	0,0
Costeras Lebu-Paicavi	0	100	0,0	0,0
Costeras e Islas entre R.Paicavi y Limite Region	0	100	0,0	0,0
Costeras Limite Region y R. Imperial	0	100	0,0	0,0
Río Imperial	0	100	0,0	0,0

Tabla 24: Variaciones porcentuales de tipo de clima por cuenca, escenario RCP 2.6.

CUENCA	% Semiárido LB	% Templado en LB	% de Semiárido en RCP 2.6 2030	% de Semiárido en RCP 2.6 2080
río Choapa	21,1	78,9	52,2	61,5
costeras entre río Choapa y río Quilimarí	100	0	100	100
río Quilimarí	16,8	83,2	73,4	66,8
costeras entre río Quilimarí y río Petorca	50,7	49,3	68,9	68,4
río Petorca	48,1	51,9	89,3	91,1
río Ligua	50,1	49,9	86,1	87,6
costeras entre río Ligua y río Aconcagua	64,7	35,3	69,1	75,3
río Aconcagua	21,2	78,9	43,8	45,5
costeras entre río Aconcagua y río Maipo	0,7	99,3	31,4	49,4
río Maipo	3,6	96,8	35,2	41,0
costeras entre río Maipo y río Rapel	0	100	69,7	72,0
río Rapel	0	100	13,6	17,9
costeras río Rapel y estero Nilahue	0	100	0,0	0,6
costeras entre límite Regional y río Mataquito	0	100	0,0	0,0
río Mataquito	0	100	0,0	0,7
costeras entre río Mataquito y río Maule	0	100	0,0	0,0
río Maule	0	100	0,0	0,0
costeras entre río Maule y Limite Regional	0	100	0,0	0,0
costeras entre limite Regional y río Itata	0	100	0,0	0,0
río Itata	0	100	0,0	0,0
río Biobío	0	100	0,0	0,0
río Carampangue	0	100	0,0	0,0
costeras entre río Carampangue y río Lebu	0	100	0,0	0,0
Río Lebu	0	100	0,0	0,0
Costeras Lebu-Paicavi	0	100	0,0	0,0
Costeras e Islas entre R.Paicavi y Limite Region	0	100	0,0	0,0
Costeras Limite Region y R. Imperial	0	100	0,0	0,0
Río Imperial	0	100	0,0	0,0

Tabla 25: Variaciones porcentuales de tipo de clima por cuenca, escenario RCP 8.5

A nivel general y en todos los escenarios las cuencas que presentarían variaciones muestran un aumento de la vegetación característica de climas semiáridos, evidenciando una transformación general y un avance en sentido norte – sur muy pronunciado en el sector costero (Figura 38). En algunos casos, estas variaciones alcanzarán transformaciones por sobre 90% en el escenario

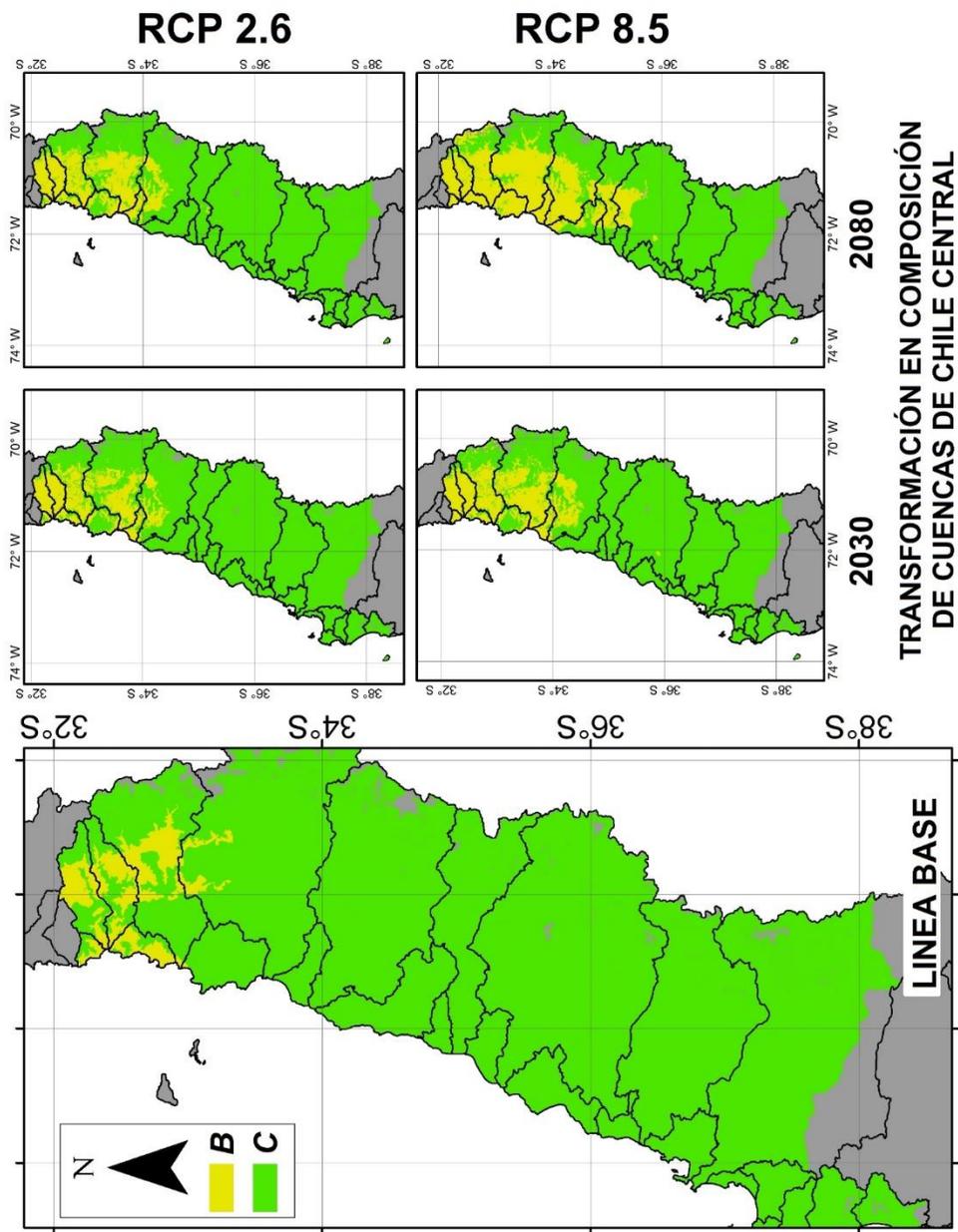


Figura 38: Transformación en composición de cuencas de Chile Central.

RCP 8.5 al periodo 2080 (cuencas costeras entre ríos Aconcagua, Maipo y Rapel). En numerosos casos para la misma proyección, esta transformación sobrepasaría el 30%.

Para el estudio del sector, se seleccionaron 6 cuencas que presentan los cambios más pronunciados dentro de la zona de Chile central. Dichas cuencas son:

- 1 - Cuenca del río La Ligua
- 2 - Cuenca costera entre los ríos La Ligua y Aconcagua
- 3 - Cuenca costera entre los ríos Aconcagua y Maipo
- 4 - Cuenca costera entre los ríos Maipo y Rapel
- 5 - Cuenca del río Rapel
- 6 - Cuenca costera entre los ríos Rapel y Nilahue

7.3.1.1. Cuenca del río la Ligua (Figura 39)

Línea base

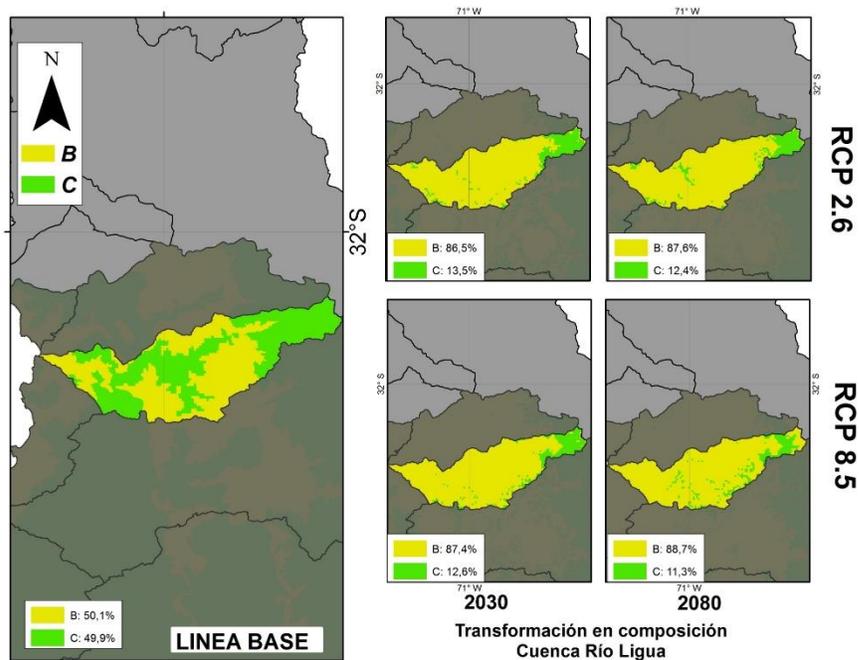


Figura 39: Transformación a semiárido de la cuenca del Río Ligua

La cuenca del río La Ligua presenta una composición de 50% asociada a vegetación característica de climas semiáridos (matorrales arborescentes y espinosos), y 50% asociada a clima templado (bosques espinosos y esclerófilos).

Al encontrarse en la zona limítrofe entre el norte chico y Chile central, esta cuenca sirve como indicador para la zona y evidenciar el avance de las condiciones asociadas a climas áridos

Escenario RCP 2.6 periodo 2030

Comparado con la línea base, esta proyección estima un incremento de un 36% (+720,2 km²) de la vegetación y condiciones asociadas a clima semiárido. Este incremento se deberá casi en su totalidad al aumento en la superficie proyectada para la formación “matorral espinoso”, que pasa de cubrir un 10,2% de la cuenca en la línea base, a un 47,4% de la proyección. Este aumento se presenta en reemplazo de las formaciones de bosques esclerófilos (21,2% a 3,4%) y de bosque espinoso mediterráneo interior (17,5% a 0,9%).

Escenario RCP 2.6 periodo 2080

Para el escenario RCP 2.6 periodo 2080, la variación porcentual de la composición de la cuenca será mínima, siendo esta cubierta un 87,6% por condiciones de semiárido (comparado con un 86,5% en el mismo escenario al periodo 2030). Para esta proyección se estima una recuperación marginal de unidades de bosque esclerófilo y matorral espinoso mediterráneo comparado con el mismo escenario al periodo 2030 (recuperación de 0,4% de la cobertura de la cuenca). Por parte de las formaciones características de climas semiáridos habría una leve reducción en sus porcentajes comparado con el mismo escenario al año 2030, manteniendo igualmente el predominio de la cuenca.

Escenario RCP 8.5 periodo 2030

Para el caso del escenario RCP 8.5 al periodo 2030, variación porcentual entre las condiciones de semiárido y templado se modificará en los mismos rangos que el caso del escenario RCP 2.6 al mismo periodo; quedando la cuenca cubierta en un 87,5% por vegetación asociada a climas semiáridos (+739,3 km²). En este caso, la reducción de los bosques esclerófilos iría de un 21,2% a un 3,9%; y del bosque espinoso mediterráneo interior de un 17,5% a un 1,5%. Si bien el aumento del matorral espinoso sería menor que en el escenario RCP 2.6 (10,2% a 36,8%), la formación “Matorral Desértico Interior” se encontrará con una presencia de 15,8%; no estando presente anteriormente en la línea base. Esta irrupción de la formación “Matorral Desértico Interior” daría cuenta que si bien las condiciones generales de la cuenca se mantendrán porcentualmente similares entre los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5, las condiciones ambientales y por ende

la vegetación característica presente difieren, siendo más severa en condiciones de aridez en el escenario RCP 8.5 para esta cuenca.

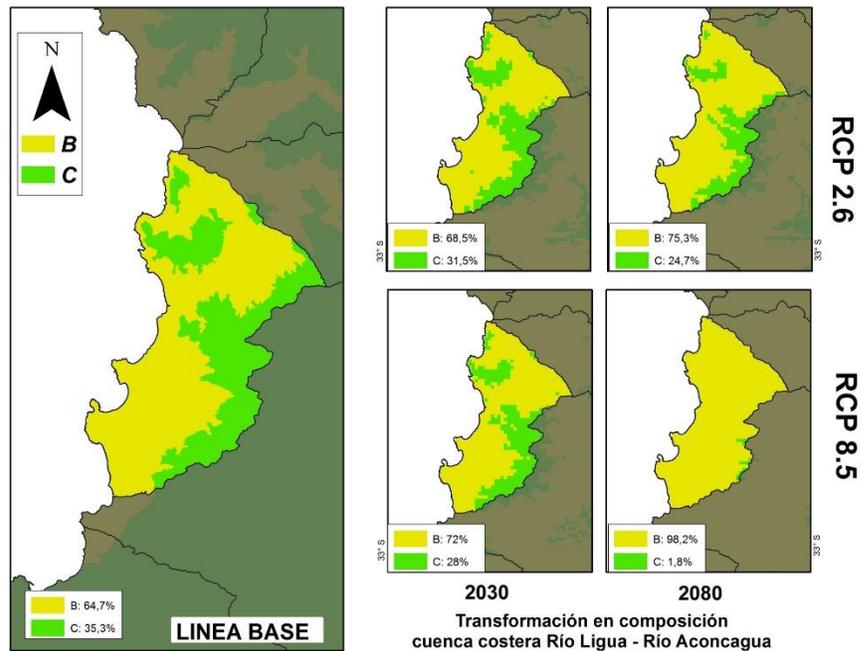


Figura 40: Transformación a semiárido de la cuenca costera de los ríos Ligua y Aconcagua

Escenario RCP 8.5 periodo 2080

Para el escenario RCP 8.5 al periodo 2080 la cobertura de la cuenca por condiciones semiáridas será de 88,7% caracterizada principalmente por la completa desaparición de bosque esclerófilo costero a la vez que el matorral desértico interior dominará un tercio de la cuenca (33,3%), unidad de vegetación que no estaba presente en la cuenca en la línea base.

El avance de las condiciones desde el norte de la cuenca se consolidará en esta proyección, continuando su avance a las siguientes cuencas al sur y al interior.

7.3.1.2. Cuenca costera ríos la Ligua y Aconcagua (Figura 40)

Línea base

La cuenca costera de los ríos Ligua y Aconcagua se caracteriza en su línea base con un 64,7% de condición semiárida y 35,3% templadas. La mayoría de estas

zonas templadas se encuentran en la zona este de la cuenca, hacia el sector interior del territorio general.

Escenario RCP 2.6 periodo 2030

Esta proyección se caracterizará por la aparición de matorral espinoso característico de la zona climática semiárida, que si bien no tomará un porcentaje de cobertura relevante, caracteriza la cuenca por su llegada sin estar presente en la línea base. Esta aparición junto con un aumento en las otras unidades correspondientes a climas semiáridos ocurría en desmedro de la cobertura de bosque esclerófilo costero, presentando así un reemplazo de composición total a 69,1% semiárido y 30,9% templado.

Escenario RCP 2.6 periodo 2080

Para esta proyección, tres cuartas partes de la cuenca quedarán caracterizadas con condiciones semiáridas (75,3%). La mayoría de esta condición templada corresponderá a bosque esclerófilo costero, que cubrirá 23,3% de la cuenca en comparación al 35,3% que cubría en la línea base. El aumento principal en las unidades semiáridas corresponderá a matorral arborescente mediterráneo, que cubrirá 75,1% de la cuenca, contra el 64,7% que cubría en la línea base.

Escenario RCP 8.5 periodo 2030

Para esta proyección, no se apreciarán variaciones porcentuales significativas. Una disminución de bosque esclerófilo costero (-7,9%) marcará la reducción de las condiciones templadas, a la vez que se acompañará de la aparición de matorral espinoso proveniente de las cuencas al norte del área y del aumento de matorral arborescente mediterráneo, ambas unidades de condiciones semiáridas. La composición final de la cuenca para esta proyección será de 72% semiárido y 28% templado.

Escenario RCP 8.5 periodo 2080

La transformación de las condiciones de la cuenca para esta proyección será pronunciada, quedando 98,2% caracterizada como semiárida. Esta transformación estará marcada por la reducción casi absoluta del bosque esclerófilo costero, que pasará de cubrir un 35,3% de la cuenca en la línea base a solo 1,2%. Este reemplazo se produciría por un aumento en la presencia de matorral arborescente mediterráneo, que pasará desde 64,7% en la línea base a 98%, dominando la cuenca.

7.3.1.3. Cuenca costera río Aconcagua - río Maipo (Figura 41).

Línea base

Esta cuenca se caracteriza por una composición base de 99,3% de condiciones templadas, principalmente bosque esclerófilo costero. La presencia de vegetación asociada a climas semiáridos es mínima (0,7%) correspondiente a matorral arborescente mediterráneo, estando presente solo en el límite norte de la cuenca en el sector costero.

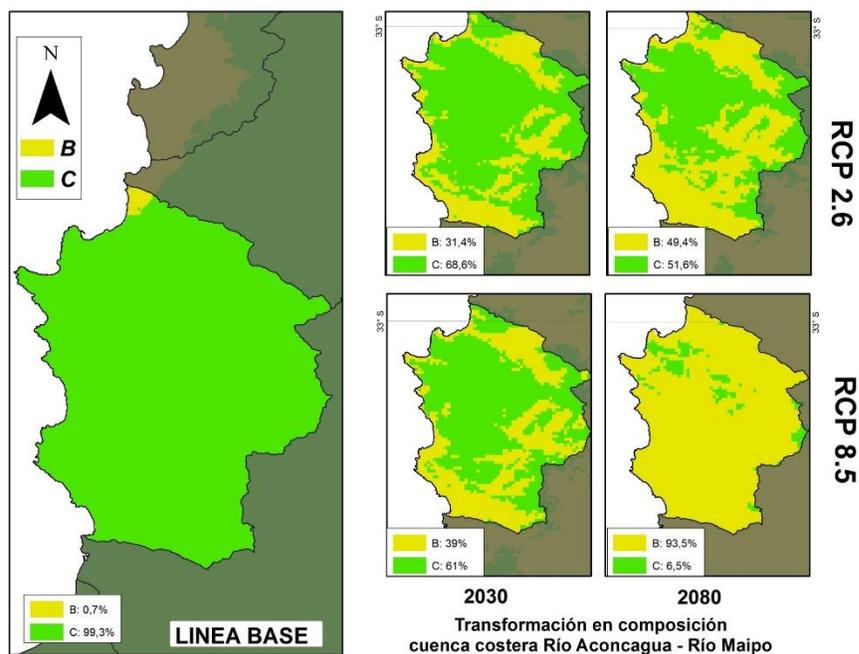


Figura 41: Transformación a semiárido de la cuenca costera de los ríos Aconcagua y Maipo.

Escenario RCP 2.6 periodo 2030

Esta proyección se caracterizará por una fuerte reducción de las condiciones asociadas a bosque esclerófilo costero, que pasará de cubrir 97,4% de la cuenca en la línea base a un 61,5%. El principal aumento de vegetación que reemplazará dicho porcentaje corresponderá a matorral arborescente mediterráneo, el que se expandiría por toda la línea de costa y en franjas interiores de la cuenca. Las condiciones de la cuenca quedarían en 68,6% templado y 31,4% semiárido.

Escenario RCP 2.6 periodo 2080

Para este periodo se pronunciará la transformación del ambiente de la cuenca hacia el semiárido, quedando con una composición mixta entre 49,4% semiárido (principalmente matorral arborescente mediterráneo) y solo 50,6% de condición templada (desde los 99,3% de la línea base) donde la mayoría de su pérdida estaría en la unidad bosque esclerófilo costero, que perdería un 54,5% de su cobertura de la cuenca. Las condiciones de semiárido se pronunciarán en los extremos norte y sur de la cuenca, así como en la franja costera y ciertos sectores interiores de baja altitud.

Escenario RCP 8.5 periodo 2030

Esta proyección se caracterizará por una composición de 39% de condiciones semiáridas y 61% templadas. Al igual que en las otras proyecciones para la cuenca, el aumento de las condiciones semiáridas corresponderá a matorral arborescente mediterráneo (cubriendo 36,8% de la cuenca) pero también hará aparición una pequeña porción de matorral espinoso, el que no estaba presente en la línea base y en la proyección cubriría 2,2% de la cuenca. En la composición templada, se proyectará un leve reemplazo debido al aumento de bosque espinoso mediterráneo costero.

Escenario RCP 8.5 periodo 2080

Para esta proyección el reemplazo de composición de la cuenca será casi total, siendo cubierta en un 93,5% por condiciones semiáridas. Las condiciones asociadas a bosque esclerófilo costero desaparecerán casi por completo, cubriendo un 2,4% de la cuenca desde el 97,4% que cubría en la línea base. Su reemplazo será eminentemente por condiciones asociadas a matorral arborescente mediterráneo, el que de cubrir 0,7% de la cuenca en la línea base, cubriría 81,7% de la cuenca en esta proyección. También se presentará de forma creciente el matorral desértico costero, cubriendo 9,9% de la cuenca. Las condiciones asociadas a mediterráneo se encontrarán en pequeños focos hacia el este de la cuenca y en pequeñas zonas intermedias.

7.3.1.4. Costera Maipo – Rapel (Figura 42)

Línea base

Esta cuenca se caracteriza por tener una composición completa de características mediterráneas, sin presencia alguna de características

semiáridas. Esta caracterización corresponde en un 90,7% de bosque espinoso mediterráneo costero cubriendo la mayoría de la cuenca, y un 9,3% de bosque esclerófilo costero, el cual se encuentra hacia el límite este de la cuenca, en el límite con las cuencas interiores de los ríos Maipo y Rapel.

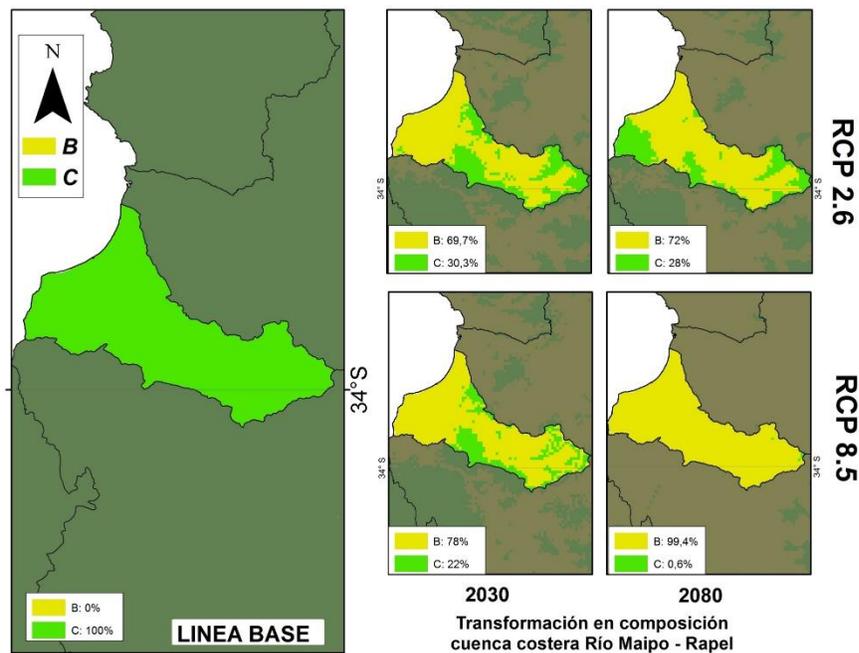


Figura 42: Transformación a semiárido de la cuenca costera de los ríos Maipo y Rapel.

Escenario RCP 2.6 periodo 2030

Para este escenario la transformación de la cuenca será sustancial, principalmente por la reducción casi completa de bosque espinoso mediterráneo costero, que de tener un 90,7% de dominio en la línea base, pasará a solo tener un 1,6%. El reemplazo principal hacia unidades semiáridas corresponderá a la aparición sustancial de la unidad matorral arborescente mediterráneo, el cual desde no estar presente en la línea base, pasaría a cubrir 67,6% de la cuenca. Se presentarán otras unidades correspondientes a semiárido, sin embargo, no llegarán al 1,5% de presencia individualmente. El retroceso de la unidad principal de ambientes templados se vería parcialmente mitigado por el aumento de bosque esclerófilo costero, cubriendo en este escenario un 28,2%. Las zonas donde aún se conservarían unidades templadas se encontrarán dispersas entre los sectores interiores y al este de la cuenca.

Escenario RCP 2.6 periodo 2080

Para esta proyección, el bosque espinoso mediterráneo costero presentará una leve recuperación con respecto al periodo 2030 de la misma proyección cubriendo el 11,7% de la cuenca (contra el 1,6% de presencia en el periodo 2030). Sin embargo, la recuperación de esta unidad de vegetación irá acompañada de una reducción significativa de la unidad bosque esclerófilo costero, la que pasará de un 28,2% de presencia de la cuenca, a 15,9%. Esta unidad de vegetación concentrará su presencia en el sector suroeste de la cuenca, en el límite costero con la cuenca del río Rapel. La unidad matorral arborescente mediterráneo aumentará su presencia de 67,6% a 70,5%, dominando la cuenca salvo los sectores de mayor altura en los sectores sur y este, en las zonas de contacto con las cuencas aledañas.

Escenario RCP 8.5 periodo 2030

En esta proyección la unidad bosque esclerófilo costero presentará una leve expansión de su cobertura de cuenca de +12,3%, a un 21,6% de esta. Esto se verá acompañado de la desaparición de la unidad predominante de ambiente templado en la línea base (bosque espinoso mediterráneo costero) que pasaba de cubrir 90,7% de la cuenca, a no tener presencia salvo zonas extremadamente reducidas. En sustitución de esta unidad se harán presentes las unidades matorral arborescente mediterráneo (74,6%) y matorral espinoso (3,5%) pasando a cubrir en conjunto 78,1% de la cuenca con condiciones semiáridos. Las zonas donde aún se preservarían condiciones templadas son el sector interior sur en el límite con la cuenca del río Rapel, y pequeños focos en altura hacia el sector este de la cuenca.

Escenario RCP 8.5 periodo 2080

Para esta proyección, las transformaciones de las condiciones de la cuenca serán totales, quedando solo un 0,4% de condiciones asociadas a climas templados. La cobertura total de la cuenca (97,6%) corresponderá a matorral arborescente mediterráneo, con pequeñas zonas (1,8%) de matorral espinoso.

7.3.1.5. Río Rapel (Figura 43).

Línea base

La cuenca del río Rapel se encuentra completamente en una categoría de ambiente templado con una composición de diversas formaciones vegetacionales asociadas a este ambiente. La predominante corresponde a bosque esclerófilo andino que cubre 27,7% de la cuenca. Esta se encuentra en los sectores interiores en intermitencia con la unidad de bosque espinoso mediterráneo interior, el que forma un corredor que corta la cuenca en una franja latitudinal. El resto de las formaciones presentan una cobertura homogénea de entre 10% a 13% salvo las de bosque caducifolio, que entre ambas componen solo un 7% de la cuenca.

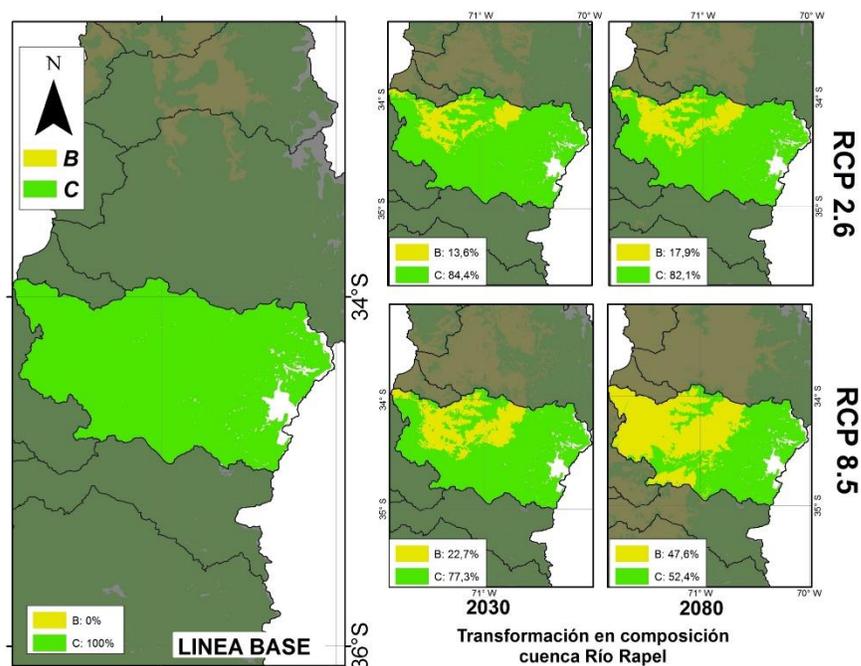


Figura 43: Transformación a semiárido de la cuenca del río Rapel.

Escenario RCP 2.6 periodo 2030

En esta proyección se aprecia la aparición de unidades asociadas a ambientes áridos, principalmente matorral arborescente mediterráneo, el cual abarcará desde la zona de contacto con la cuenca del río Maipo usando la zona donde se encontraba la unidad bosque esclerófilo costero. Esta última, en vez de solo ser

reemplazada, se desplazará hacia el sector distal de la cuenca hacia la costa, reemplazando a la unidad bosque espinoso mediterráneo costero, el cual prácticamente desaparecerá de la cuenca. La unidad bosque esclerófilo andino verá una reducción significativa de su predominancia principalmente por la expansión de bosque espinoso mediterráneo interior y de otras unidades en menor porcentaje.

Escenario RCP 2.6 periodo 2080

En esta proyección se apreciará una estabilización de las condiciones generadas en la proyección 2030 al mismo escenario. La principal diferencia corresponde a la casi desaparición de bosque caducifolio mediterráneo andino. El resto de las unidades de ambiente semiárido presentarán leves expansiones, consolidando la tendencia generada en el periodo 2030 pero sin expandirla a una transformación de mayor magnitud.

Escenario RCP 8.5 periodo 2030

Esta proyección presentará una transformación similar en magnitud y distribución a la planteada en el escenario RCP 2.6, aunque más severa que en dicho escenario al periodo 2080. Además de las reducciones en seis de las ocho unidades templadas, esta proyección se caracterizará por el ingreso y magnitud de las unidades semiáridas matorral arborescente mediterráneo y matorral espinoso, las que de manera conjunta pasarán a cubrir el 22,7% de la cuenca. Esto se producirá principalmente desde la zona de límite distal de con la cuenca del río Maipo hasta la zona central de la cuenca a los 34,5°S, principalmente en las zonas de baja altura.

Escenario RCP 8.5 periodo 2080

Para esta proyección, el 47,6% de la cuenca se encontraría cubierta por unidades de condiciones semiáridas, predominando desde el sector oeste hasta la zona interior salvo por sectores de mayor elevación. Esta transformación se caracterizará por una expansión de la tendencia presentada en el mismo escenario al periodo 2030, en que las unidades de matorral arborescente mediterráneo y matorral desértico interior compondrán el grueso de la transformación. De las unidades originales de ambiente templado, se proyecta la desaparición de bosque caducifolio mediterráneo costero y bosque esclerófilo costero. El sector templado de la cuenca aún se encontraría dominado por bosque esclerófilo andino, el que si bien presentará una reducción significativa,

aún domina el 18,4% de la cuenca, siendo la única que tendrá una presencia por sobre el 10% en la cuenca para este escenario/periodo.

7.3.1.6. Costera Rapel – Nilahue (Figura 44)

Línea base

En su línea base, la cuenca costera de los ríos Rapel - Nilahue se encuentra completamente con condiciones de ambiente templado, siendo las unidades de bosque esclerófilo (costero e interior) las predominantes, cubriendo 93,2% de la cuenca. Se encuentra presencia de bosque espinoso que cubre la superficie restante de la cuenca.

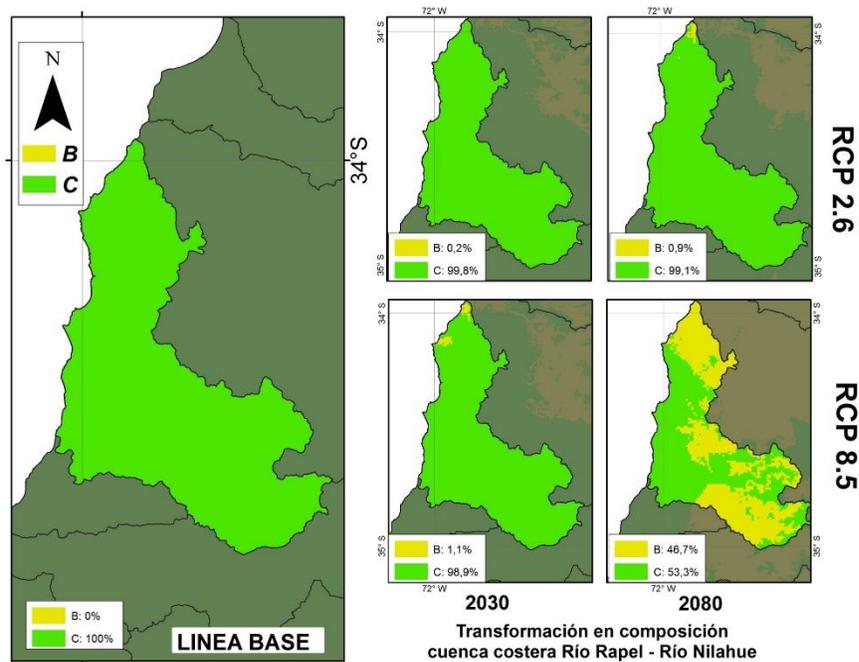


Figura 44: Transformación a semiárido de la cuenca costera de los ríos Rapel y Nilahue.

Escenario 2.6 periodo 2030

En esta proyección no se registrará una transformación de ambiente de templado a semiárido (se mantiene completamente en ambiente templado) sin embargo, presentará una transformación en la composición de la vegetación potencialmente presente. Principalmente se registrará una reducción de bosque esclerófilo interior (-15,4%) siendo reemplazados por las otras variantes del mismo bosque esclerófilo (costero y andino) pero también por bosque caducifolio mediterráneo costero y bosque espinoso mediterráneo interior, el cual también

reemplazará parte de su variante costera (bosque espinoso mediterráneo costero). Por tanto, la principal diferencia con respecto a la línea base irá en la presencia de una unidad de bosque caducifolio que no estaba presente en la línea base, y las leves transformaciones en las unidades originales entre sus variantes costeras - interiores- andinas.

Escenario RCP 2.6 periodo 2080.

Al igual que en la proyección al periodo 2030, la principal transformación se producirá entre unidades templadas dentro de sus mismas variantes. Incluso la incipiente presencia de bosque caducifolio se verá en retroceso comparado con el periodo 2030, habiendo una tendencia a la recuperación de los porcentajes de cobertura originales. Sin embargo, aunque de forma muy poco significativa (21 hectáreas aproximadamente, 0,6%) se presentarán pequeños focos incipientes de matorral desértico costero provenientes de la cuenca costera Maipo - Rapel siendo la única unidad asociada a ambientes semiáridos que se presentan en este escenario para todo periodo.

Escenario RCP 8.5 periodo 2030

En esta proyección se presentarán condiciones similares a las planteadas por las proyecciones al escenario RCP 2.6 (ambos periodos) donde las transformaciones serán dentro de unidades asociadas a ambientes templados más que de templado a semiárido como en el resto de las cuencas estudiadas. La reducción principal estará en las unidades de bosque esclerófilo (costero e interior, -39,3%) y la apertura de estos espacios a ambientes predominantes de bosque espinoso. Unidades ahora presentes que no estaban en la línea base corresponderán a bosque caducifolio mediterráneo costero (+1,3%) y matorral arborescente mediterráneo (+1,1%) siendo esta última la única presencia de ambiente semiárido para esta proyección. Su presencia concuerda con la tendencia de avance de este tipo de ambientes en una gradiente latitudinal hacia el sur principalmente por las zonas costeras y de baja altura.

Escenario RCP 8.5 periodo 2080

Esta corresponde a la única proyección para esta cuenca en que se presentarán transformaciones de ambiente templado a semiárido de significancia. En esta proyección la cuenca estaría cubierta en un 46,7% de condiciones asociadas a semiárido, en gran parte por la presencia masiva de matorral desértico (costero e interior) el cual cubriría 43,9% de la cuenca. Estas unidades sin embargo se localizarán en la zona costera solo en el extremo norte de la cuenca, estando

solo en sectores interiores al sur de los 34,3°S, dominando principalmente los sectores de baja altura y fondos de valle. Esta expansión se produciría en desmedro de las unidades originales de bosque esclerófilo, las cuales pasarán de cubrir un 93,2% de la cuenca en la línea base a un 11,8% en este periodo.

7.3.2. Síntesis

En todos los escenarios y periodos se proyecta un avance de las condiciones asociadas a ambientes semiáridos por sobre zonas actualmente templadas hasta la cuenca del río Rapel. Este avance es masivo en las zonas costeras de Chile central y algunas de las cuencas interiores.

En el escenario RCP 2.6 este avance se vería caracterizado por alcanzar los 34°S en la zona costera y los 34,5°S en la zona interior avanzando por tanto 110 y 160 km respectivamente hacia el sur. El alcance latitudinal de cada escenario no variaría, sino su composición interna y la densidad de los sectores semiáridos al interior de las cuencas en las latitudes señaladas (variando especialmente en la cuenca costera Aconcagua – Maipo). La zona andina se presentará libre de estas transformaciones en ambos periodos de este escenario.

La transformación superficial de zonas templadas a zonas semiáridas sería de 10.992km² al periodo 2030 y de 13.146km² al periodo 2080.

El escenario RCP 8.5 por otro lado, presenta en su periodo inicial (2030) un avance comparable al escenario RCP 2.6 a ambos periodos, pero con mayor densidad, la principal diferencia radica en que si bien el escenario RCP 2.6 presenta una estabilización o recuperación parcial al periodo 2080, el escenario RCP 8.5 presentaría un incremento sostenido de la tenencia iniciada al periodo 2030. En este escenario el avance de las condiciones semiáridas alcanzaría los 34°S en la zona costera y 34,5°S en la zona interior (al igual que el escenario RCP 2.6, teniendo el mismo alcance en kilómetros), pero al periodo 2080 este avance sería hasta los 35,5°S en la zona interior, y alcanzando sectores andinos de las cuencas de los ríos Aconcagua y Maipo. El avance en el sector interior alcanzaría el sector norte de la cuenca del río Maule, avanzando por tanto aproximadamente 280km hacia el sur.

La transformación superficial de las zonas templadas a zonas semiáridas sería de 14.540km² al periodo 2030 y de 28538km² al periodo 2080.

8. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1. Proyección de variables bioclimáticas a escenarios de cambio climático

En este acápite se utilizó el estudio realizado por Santibañez et al. (2016), para discutir los resultados expuestos en la presente investigación. Con respecto a este punto cabe señalar que, Santibañez et al. (2016) generó sus resultados para el escenario RCP 8.5 al periodo 2050, el cual presenta diferencias metodológicas que radican en los GCM utilizados (el estudio de comparación ocupa un ensamble de 17 GCMs), la división geográfica de sus resultados (estos se encuentran divididos a nivel subcomunal en zonas litoral, valles interiores y precordilleranos, precordillera y cordillera; generando resultados que difieren dentro de las comunas acorde a su condición geográfica) y las variables climáticas analizadas (T° máxima estival, T° mínima estival, T° máxima invernal, T° mínima invernal, T° media periodo estival, T° media periodo invernal, precipitación anual, precipitación anual más baja por subcomuna, precipitación anual más alta por subcomuna; para el periodo estival se consideró el mes de Enero, mientras que para el periodo invernal se consideró Julio).

Por otro lado, en ambos estudios se utilizó el mismo escenario RCP donde se puede establecer una relación en la tendencia de los datos ya que, a pesar de corresponder a diferentes periodos se observó en el análisis de datos que la mayor complejidad radica en la homologación de variables, dado que existen diferencias entre las variables bioclimáticas utilizadas en el presente estudio y las utilizadas por Santibañez (las variables de temperatura utilizan de manera fija corresponde a los meses de Enero y Julio tanto para los periodos estival e invernal; mientras que las variables bioclimáticas utilizaron el valor más alto y más bajo mensual dentro del periodo anual). A continuación, en la Tabla 26, se presenta la comparación y homologación de los parámetros utilizados entre Santibañez et al. (2016) y la presente investigación:

Santibañez et al. (2016)	Presente estudio
TXE (T° máxima ENERO) (°C)	Bio 5 (T° máxima del mes más cálido) (°C)
TNJ (T° mínima JULIO) (°C)	Bio 6 (T° mínima del mes más frío) (°C)
PPA (Precipitación normal anual) (mm)	Bio 12 (Precipitación anual) (mm)

Tabla 26. Homologación entre variables climáticas utilizadas por Santibañez (2016) y Pliscoff (2014) para su comparación.

Se observa entre ambos estudios una correlación de las tendencias que presentan en los valores de temperatura y precipitación para cada comuna, como también la anomalía que presentan en cada variable. Esta comparación se realizó en primer lugar a nivel de toda el área de estudio, y posteriormente a nivel de macrorregión geográfica (norte chico, Chile Central, zona sur).

En otro orden de cosas, los resultados de alteración de variables climáticas a diferentes periodos deben ser tomados considerando las limitaciones mencionadas en su elaboración con respecto a la disponibilidad de información en zonas rurales y fuera de las concentraciones geográficas de población, así como a zonas con una alta heterogeneidad topográfica por debajo de lo que permite la resolución idónea de los datos generados por los GCM, en este caso, CSIRO 3.6. Lo anterior indica que los valores y tendencias obtenidos sean idealmente contrastados con modelamientos similares dentro de la misma área de estudio tanto para su validación como para su correcto análisis

A continuación se presenta la comparación entre ambos estudios a nivel general de área de estudio:

Área general de estudio.

Se realizó una correlación para demostrar que existe una continuidad en la tendencia de la curva de los resultados en el escenario RCP 8.5 que fueron construidos en distintos estudios.

Coeficiente de Pearson: Bio 5: 0.86; Bio 6: 0.85; Bio 12: 0.93

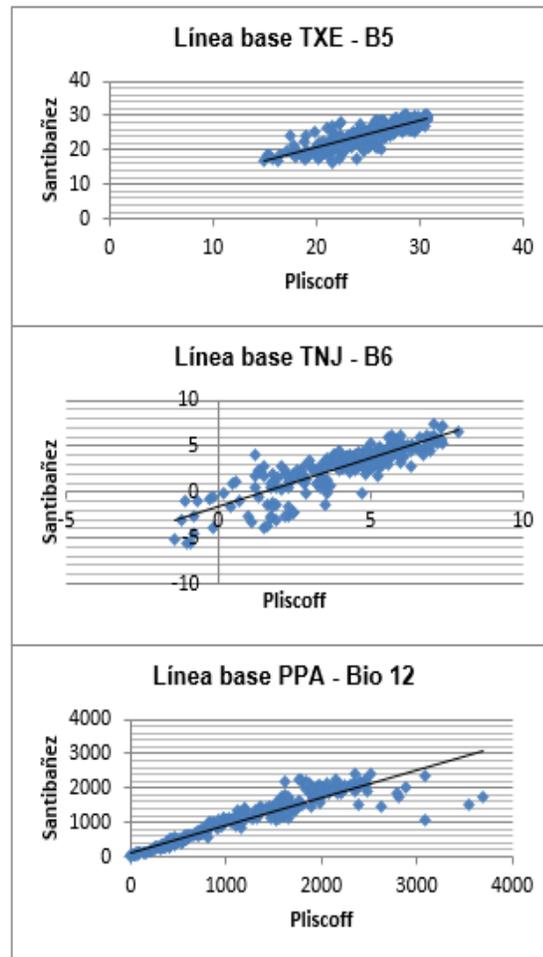


Figura 45. gráficos de correlación entre variables comparadas (Temperatura máxima de Enero – Bio 5; Temperatura mínima de Junio – Bio 6; Precipitación normal anual – Bio 12)

En la Figura 45 se observa que todas las variables comparadas entre las líneas base de Santibañez et al. (2016) y Pliscoff (2014) poseen un coeficiente de Pearson superior a 0,85; lo cual se traduce en que las variables son homologables para la comparación, además de tener la misma tendencia en su distribución geográfica. La homologación de las variables de temperatura es levemente más baja que la de precipitación (que corresponde a exactamente la misma variable) principalmente para la variable Bio 6 (en adelante todas las variables serán nombradas con la nomenclatura BIO), la que como se mencionó, en el caso de Santibañez et al. (2016) corresponde de manera fija al mes de Julio, mientras que en Pliscoff corresponde al valor más bajo registrado dentro del mes con los valores más bajos, pudiendo no corresponder al mes de Julio.

8.1.1. Chile chico

Para esta zona, la relación entre las estimaciones de precipitación se ajusta con valores R muy cercanos a 1, por lo que ambos estudios coinciden en la tendencia estimada para este escenario (Figura 46). En la variable de temperatura TNJ - Bio 6 si bien se aprecia que existe una tendencia, los valores de anomalía discrepan (Figura 47). Esto se debe tanto a la diferencia de periodo como también a las diferencias entre las variables mismas. Sin embargo, su relación permite que aún sean comparables.

Valores resultantes

Coefficiente de Pearson: Bio 5: 0,73; Bio 6: 0.91; Bio 12: 0,97

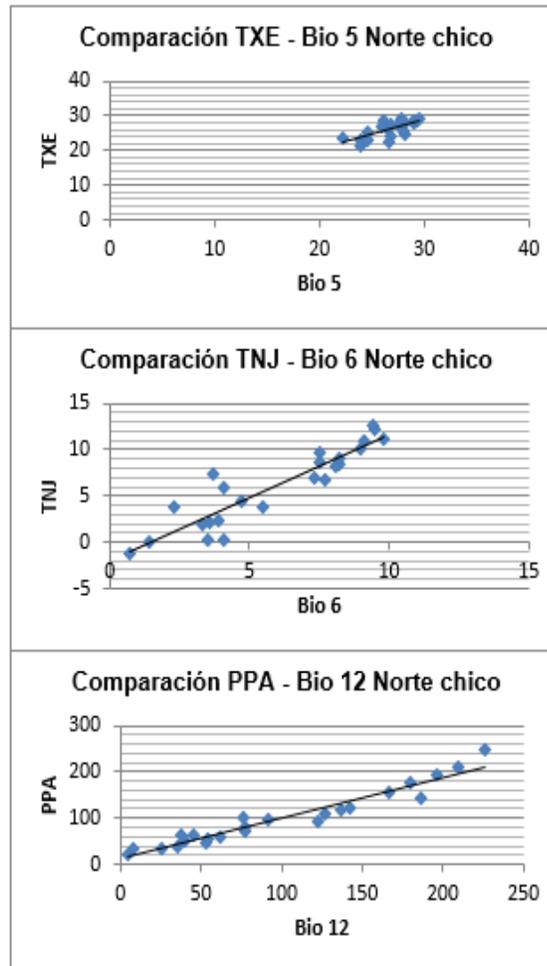


Figura 46. gráficos de correlación entre variables comparadas, macrorregión Norte Chico

Anomalía

Coefficiente de Pearson: Bio 5: 0,87; Bio 6: 0.76; Bio 12: 0,97

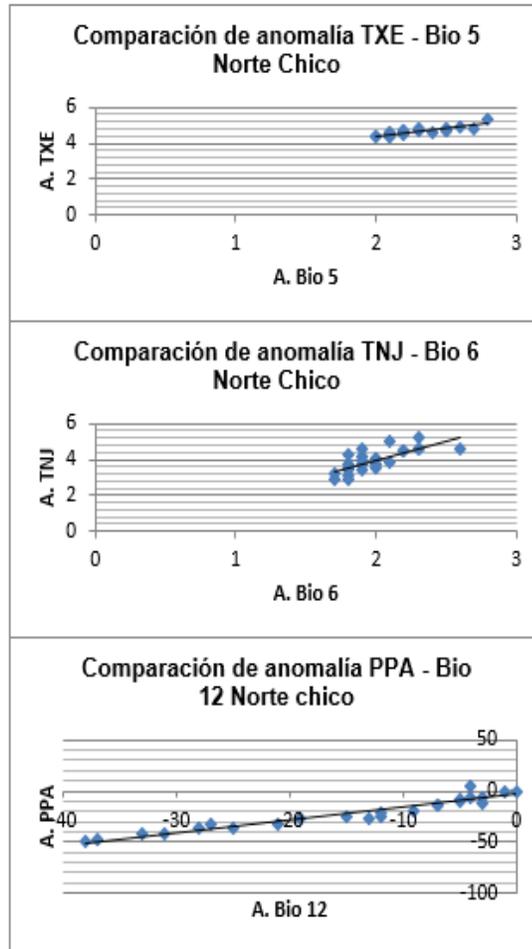


Figura 47. gráficos de correlación de anomalías en las variables comparadas, macrorregión Norte Chico

8.1.2. Chile central

Valores resultantes

Coeficiente de Pearson: Bio 5: 0,82; Bio 6: 0.86; Bio 12: 0,98

Para la zona Chile Central, todos los valores R se encuentran por sobre 0,75 tanto en resultados como en anomalía (Figura 48 y Figura 49). Al igual que para norte chico, la variable TNJ - Bio 6 es la que presenta el mayor desajuste siendo en general los valores de anomalía en el periodo 2050 mayor a los estimados al periodo 2080. En esta zona también se aprecia un desajuste en la anomalía de la precipitación anual hacia el extremo de las mayores reducciones de precipitación dentro de la macrorregión. Sin embargo, los valores se ajustan altamente en el rango -40 a -160mm.

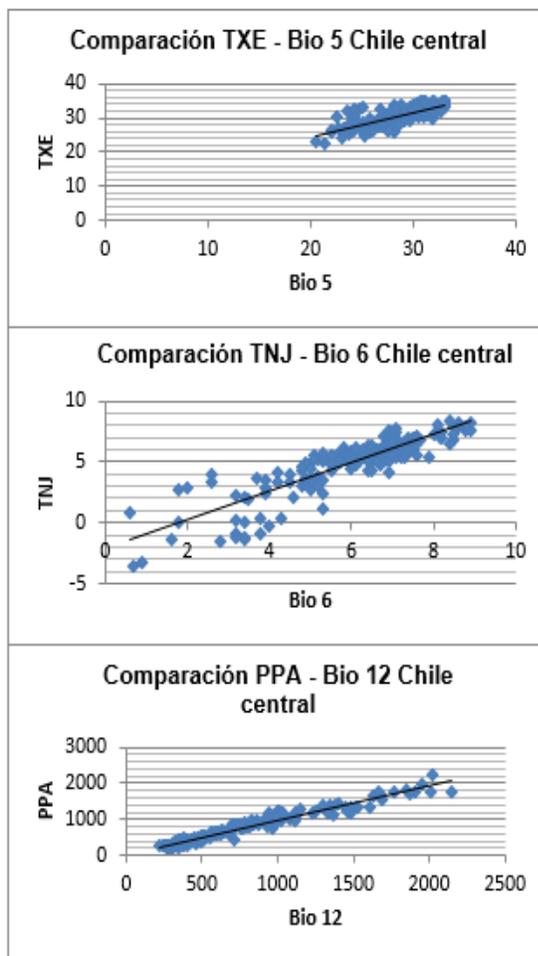


Figura 48. gráficos de correlación entre variables comparadas, macrorregión Chile central

Anomalía

Coefficiente de Pearson: Bio 5: 0,95; Bio 6: 0.79; Bio 12: 0,83

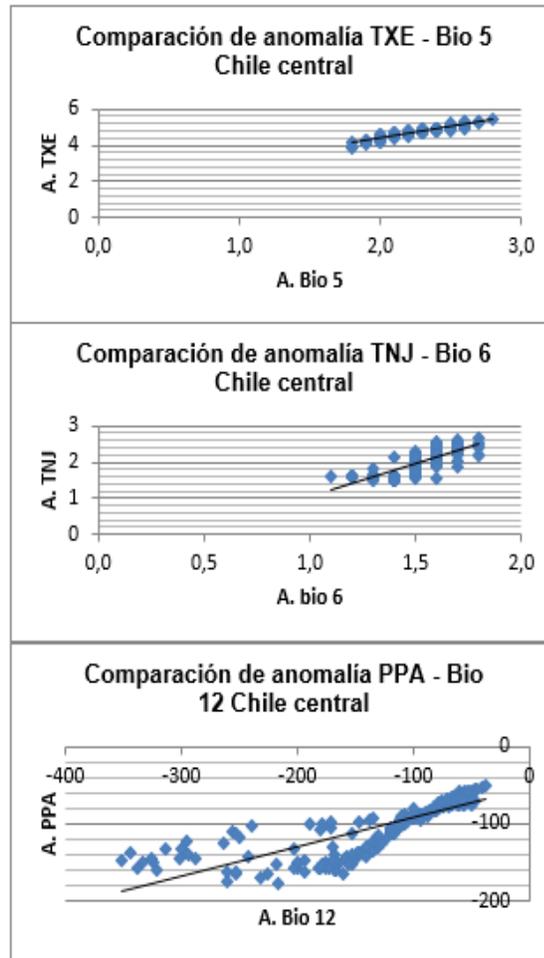


Figura 49. gráficos de correlación de anomalías en las variables comparadas, macrorregión Chile central

8.1.3. Zona sur

En la zona sur es donde la relación entre ambos estudios presenta las mayores discrepancias (Figura 50 y Figura 51), especialmente en el rango de precipitación. En esta variable se estima que la diferencia entre los periodos 2050 y 2080 para el escenario RCP 8.5 sean sustanciales, lo que junto a los elevados montos de precipitación de base para la zona y la gran diferencia entre las zonas litorales y las cordilleranas en las estimaciones obtenidas constituyen esta zona como una de alta variabilidad.

Valores resultantes

Coefficiente de Pearson: Bio 5: 0,78; Bio 6: 0.85; Bio 12: 0,35

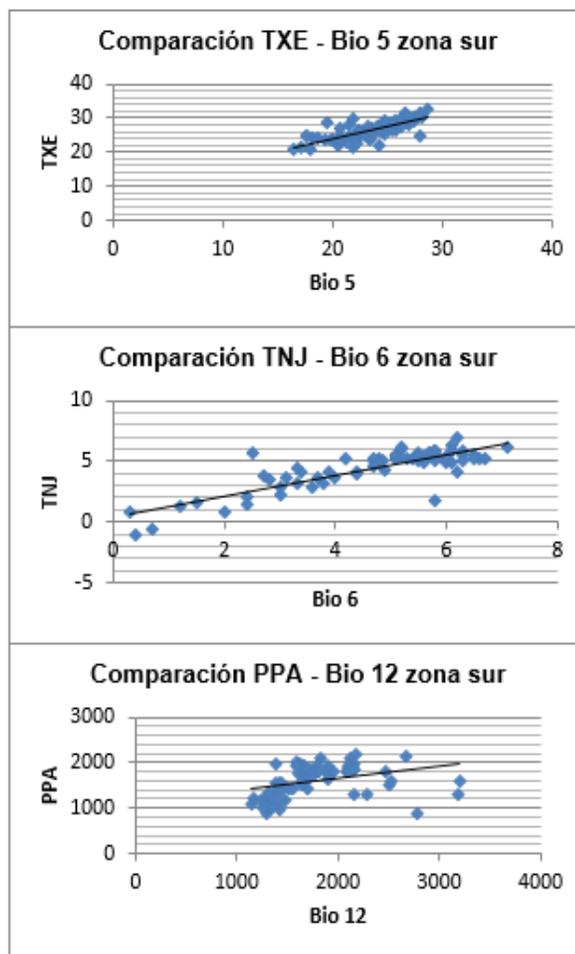


Figura 50. gráficos de correlación entre variables comparadas, macrorregión zona sur

Anomalía zona sur

Coeficiente de Pearson: Bio 5: 0,69; Bio 6: 0.08; Bio 12: 0,36

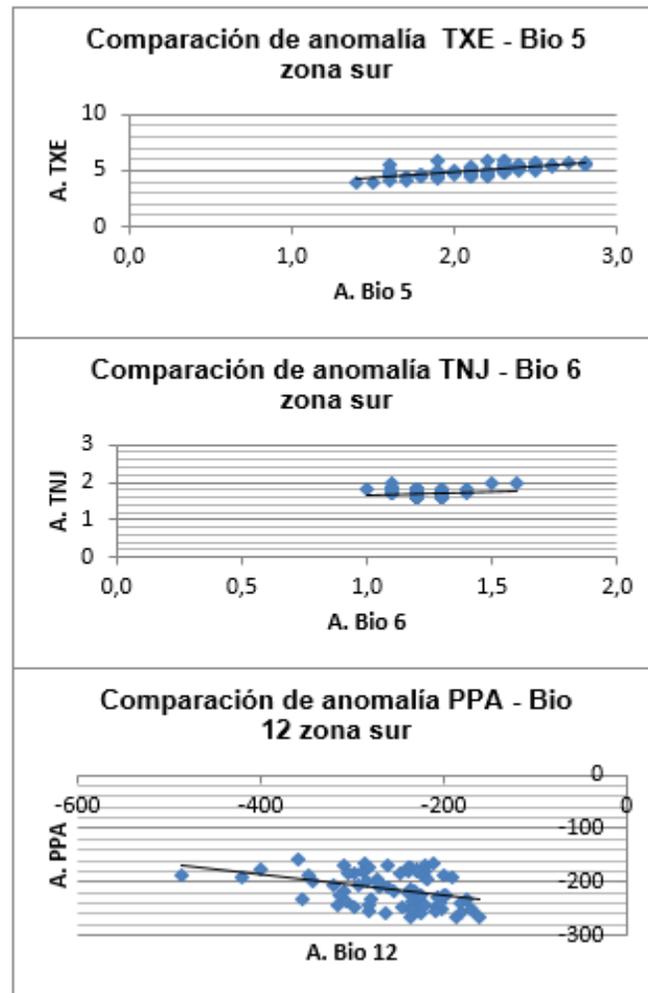


Figura 51. gráficos de correlación de anomalías en las variables comparadas, macrorregión zona sur

A modo general ambos estudios coinciden en la misma tendencia, aunque varían en las cantidades proyectadas, siendo coherente con la diferencia de periodo al que constituyen. Esta diferencia temporal entre las proyecciones es especialmente relevante para el escenario RCP 8.5 que siendo el más severo, se estima un incremento en la variabilidad de forma pronunciada y continua hacia finales de siglo XXI.

8.2. Distribución latitudinal de anomalías

En cuanto al análisis de los resultados, los datos muestran una clara relación entre latitud y magnitud de anomalía en las estimaciones de cambio climático para ambos escenarios estudiados a los periodos 2030 y 2080.

Escenario RCP 2.6 periodo 2030

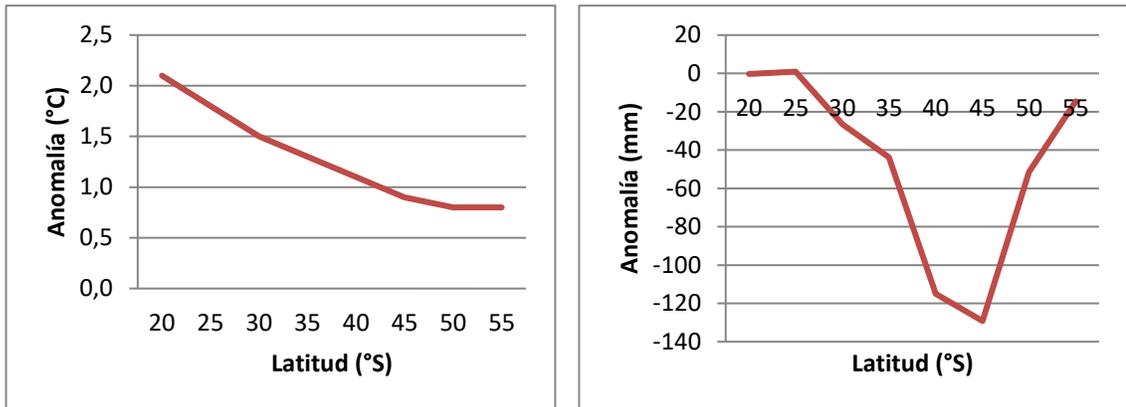


Gráfico 1: Distribución latitudinal de anomalía en variables Bio 1 y Bio 12 para escenario RCP 2.6 periodo 2030

Escenario RCP 2.6 periodo 2080:

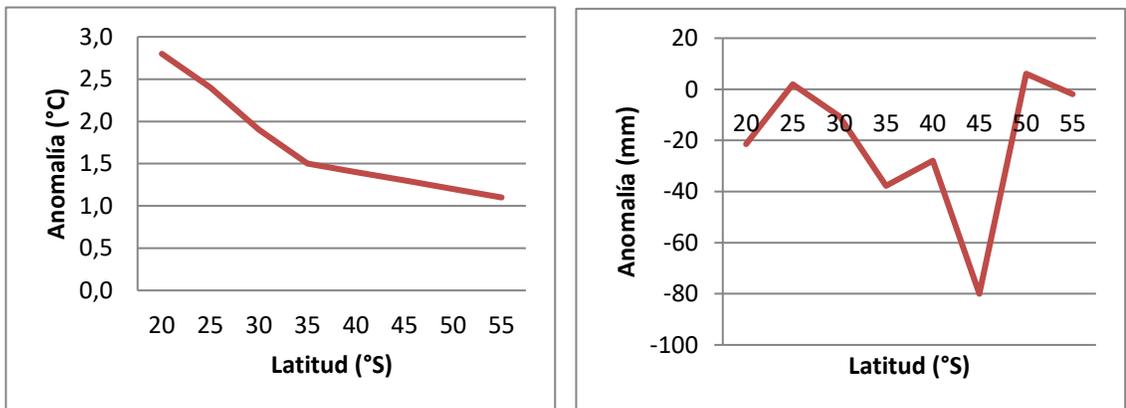


Gráfico 2: Distribución latitudinal de anomalía en variables Bio 1 y Bio 12 para escenario RCP 2.6 periodo 2080

Escenario RCP 8.5 periodo 2030:

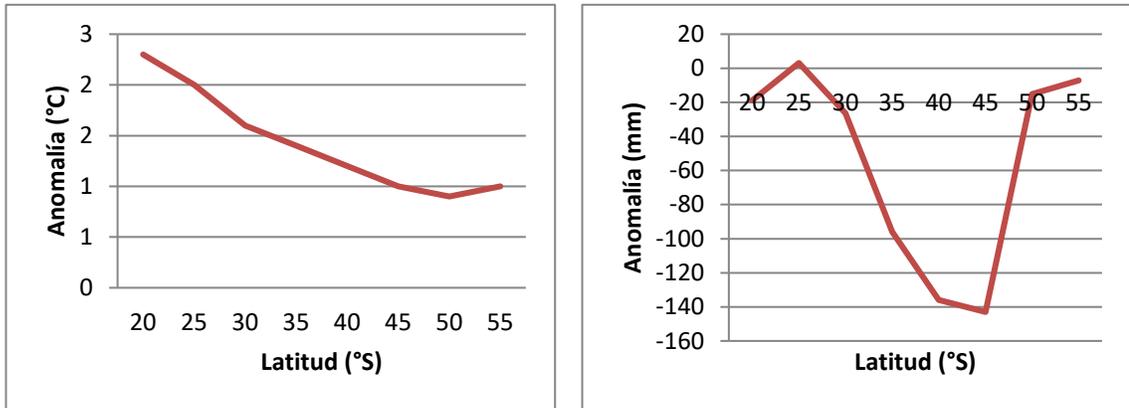


Gráfico 3: Distribución latitudinal de anomalía en variables Bio 1 y Bio 12 para escenario RCP 8.5 periodo 2030

Escenario RCP 8.5 periodo 2080:

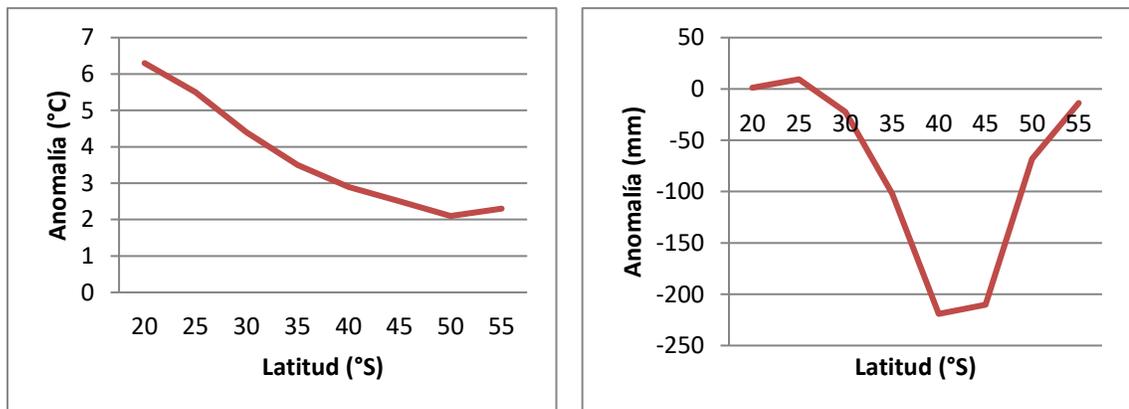


Gráfico 4: Distribución latitudinal de anomalía en variables Bio 1 y Bio 12 para escenario RCP 8.5 periodo 2080.

Los gráficos Gráfico 1, Gráfico 2, Gráfico 3 y Gráfico 4 muestran que, para el caso de la temperatura, los efectos son notoriamente más severos en las zonas norte del país, esto junto con sus valores base más elevados para esta zona hace proyectar incrementos de hasta 5°C - 6°C para dichas latitudes, llegando a 3°C al sur de los 41°S en el escenario RCP 8.5. La precipitación sin embargo presenta un patrón espacial distinto, teniendo zonas con incrementos de precipitación a la vez de disminuciones en la mayoría del país.

Esta tendencia geográfica coincide con la obtenida por DGF 2006 (en ODEPA 2013) donde se señala que los cambios positivos de temperatura serán más acentuados hacia las regiones andinas y la vertiente oriental de los Andes, disminuyendo de norte a sur, coincidiendo por tanto con la gradiente latitudinal y de elevación obtenida en el presente estudio.

Por parte de las precipitaciones, dicho estudio señala lo siguiente;

- Las zonas de Arica y Calama presentan un leve incremento de las precipitaciones respuesta de un aumento de las lluvias de primavera y verano reforzadas por el invierno boliviano.
- La región central presenta una pérdida general de precipitaciones, esta pérdida gana magnitud hacia la ladera andina durante el verano.
- La zona sur presenta reducciones que son más pronunciadas en los meses de primavera y verano.

Se estima de forma general que se podría presentar una mayor concentración de lluvias en cortos periodos de tiempo, lo que afectaría mayormente a los ecosistemas sensibles como bosque nativo, además de elevar el riesgo de desastres hidrometereológicos así como también a la recarga de acuíferos y la disponibilidad de agua para agricultura, además de la erosión de suelo, amplificando por tanto la transformación potencial de la vegetación en la zona. Esta conclusión es coherente con la tendencia de las anomalías estudiadas en las variables BIO 12 y BIO 13, donde de manera general BIO 12 disminuye en porcentajes mayores que BIO 13, donde esta se reduce en mucho menos medida o se mantiene, implicando por tanto una concentración de las precipitaciones en el mes húmedo contra una reducción general el resto del año.

Con respecto a la diferencia entre los escenarios utilizados, se aprecia que todos mantienen la misma tendencia de gradiente, pero con diferencias que corresponden a la magnitud de los valores de anomalía entre la proyección RCP 2.6 y la proyección RCP 8.5 (Gráficos Gráfico 5, Gráfico 6, Gráfico 7, Gráfico 8, Gráfico 9 y Gráfico 10). Otra diferencia que cabe destacar es el comportamiento temporal de la variable BIO 12 en cada escenario, donde se aprecia que el escenario RCP 2.6 los valores de anomalía son mayores en el periodo 2030 que en el periodo 2080, evidenciando una tendencia de regresión a la línea base. En el escenario RCP 8,5 sin embargo los valores solo continúan en aumento sostenido a medida que se avanza temporalmente.

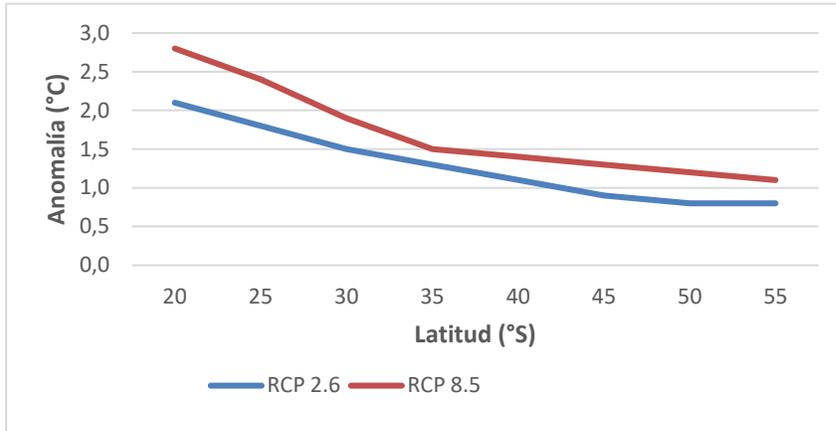


Gráfico 5: Comparación entre escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 para variable BIO 1 en periodo 2030

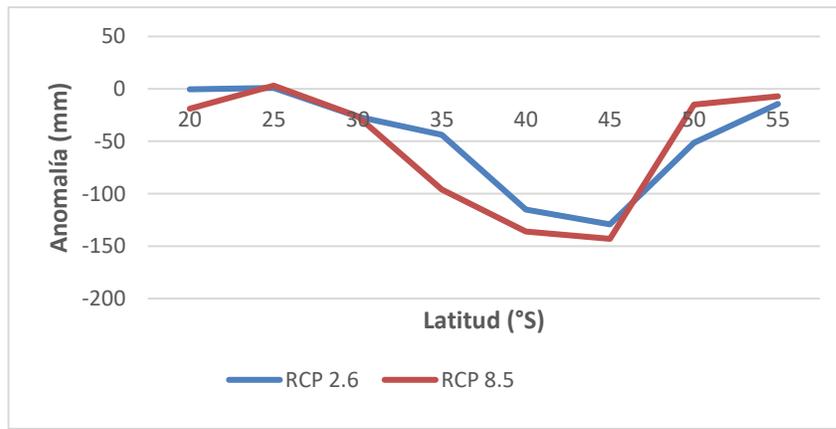


Gráfico 6: Comparación entre escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 para variable BIO 12 en periodo 2030.

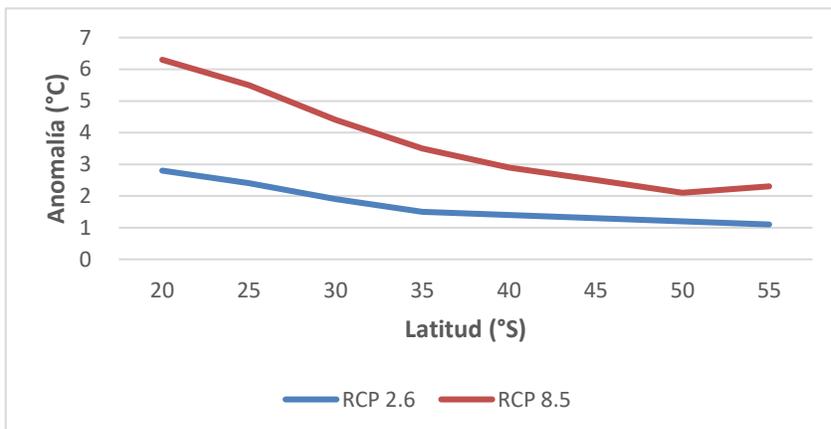


Gráfico 7: Comparación entre escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 para variable BIO 1 en periodo 2080.

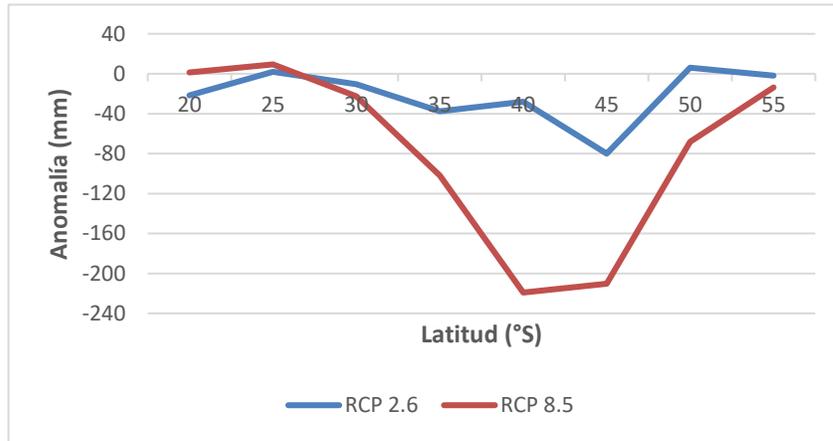


Gráfico 8: Comparación entre escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 para variable BIO 12 en periodo 2080.

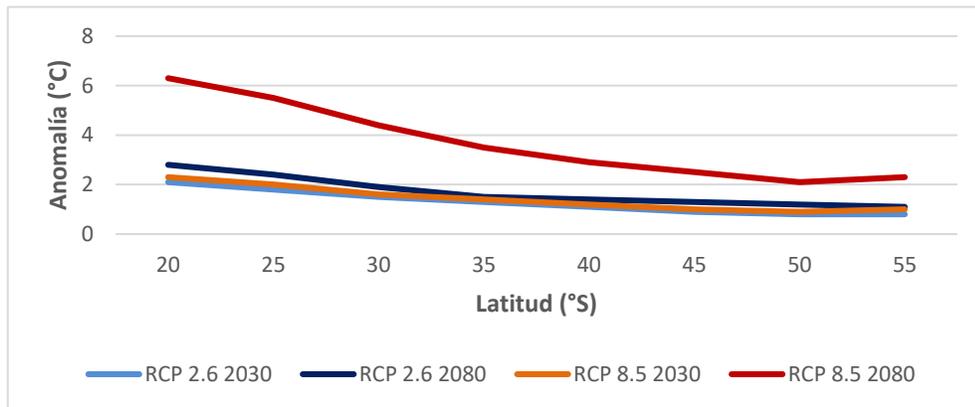


Gráfico 9: Comparación de tendencias en variable BIO 1 para ambos periodos y escenarios proyectados.

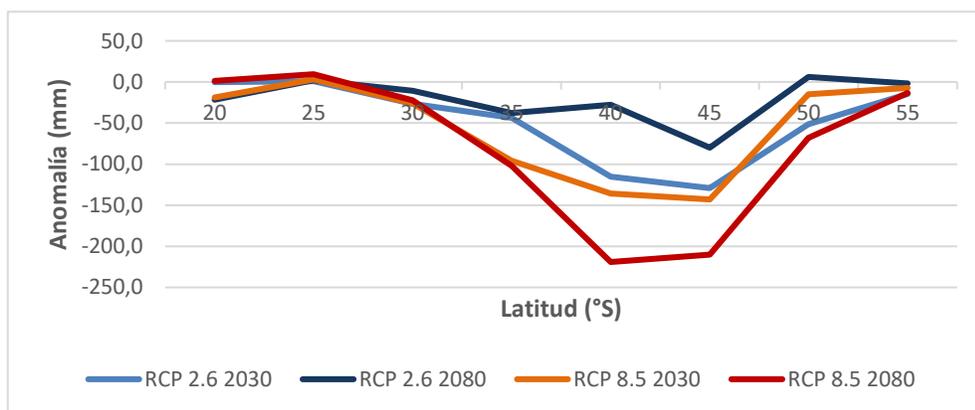


Gráfico 10: Comparación de tendencias en variable BIO 12 para ambos periodos y escenarios proyectados.

8.3. Variación de distribución de vegetación en hotspot

Los resultados de esta investigación concuerdan de forma general con los antecedentes presentados por ODEPA (2013) el cual a pesar de estar generado para los escenarios del IPCC4, mantienen una tendencia general coherente. Estudio en el cual se señala que en la región de Coquimbo la zona de vegetación arbustiva será "cada vez más parecido al desierto, donde será imposible sostener una agricultura tradicional"; paralelamente, para el caso de Santiago se señala que podría presentar un paisaje más similar al de la región de Coquimbo y en la cordillera se verán menos bosques y más matorrales de tipo espinoso. Sin embargo, la aparición de estas formaciones conllevaría el desplazamiento o desaparición del bosque esclerófilo, junto con los impactos ecosistémicos asociados a este proceso.

Cabe señalar que para cualquier modelamiento de nichos y sus transformaciones, los resultados están directamente vinculados a la calidad de los datos climáticos de base. Si bien estos se encuentran validados, es destacable recordar que existen diferentes niveles de precisión tanto en las variables como en las zonas geográficas, dado que desplazamientos abruptos de formaciones vegetacionales pueden corresponder a un desajuste de las variables obtenidas en la proyección de las variables bioclimáticas.

8.4. Transformación de ambientes templados a semiáridos:

La estimación de transformación de ambientes asociados a condiciones templadas a semiáridas a nivel de cuenca mediante la metodología aplicada en este estudio, presenta la complejidad que, al estar asociada a las unidades de vegetación se encuentran presentes en sus actuales áreas de zonificación óptima y que bajo ese criterio, representan de manera característica sus ambientes (templado y semiárido). Sin embargo, se reconoce que algunas unidades, particularmente en la zona de transición están presentes en ambos ambientes, siendo por tanto indicadores de condiciones mixtas en vez de un cambio total de un ambiente a otro. Esto es particularmente relevante en las proyecciones del escenario RCP 2.6 pues si bien se observan expansiones, éstas corresponden esencialmente a unidades de características mixtas. Distinto sería el caso del escenario RCP 8.5 en el cual las unidades predominantes en el sector norte del área estudiada hacia el periodo 2080 corresponden a unidades de vegetación

con características tipológicas pertenecientes completamente a ambientes semiáridos, en cambio las unidades de transición siguen su expansión hacia el sur siguiendo las condiciones de temperatura y precipitación revisadas en el capítulo de “patrones de distribución de temperatura y precipitación” (sección 7.1).

Finalmente, esta aproximación de ambientes característicos del semiárido y templado a nivel de cuenca, presenta una ventaja por sobre las aproximaciones usadas en los objetivos anteriores, ya que los desplazamientos potenciales de la vegetación dependen de su capacidad individual de movilidad, competencia y reproducción para que realmente ocurran. En el mismo orden de cosas, la aproximación acá presentada solo da cuenta de la transformación de las características ambientales asociadas a esa formación y no al movimiento de la vegetación en sí. Por lo tanto, una unidad de vegetación que tenga una zona óptima de localización en un sector al que no puede acceder por barreras geográficas o ecológicas no podrá ocupar dicho emplazamiento geográfico, pero las condiciones ambientales que harían óptimo dicho desplazamiento no tienen tal limitante, por lo que las condiciones óptimas para dicha unidad de vegetación se desplazan independiente de si la vegetación lo hace o no, siendo por tanto una aproximación útil para sintetizar los cambios potenciales de ambientes, por ende los resultados obtenidos resumen y agrupan los resultados obtenidos en esta investigación.

9. CONCLUSIÓN

Las herramientas actuales disponibles para estudios prospectivos de cambio climático permiten realizar estimaciones potenciales de las alteraciones de diversas variables ambientales sobre el territorio geográfico. Por ende, la correcta estimación de estas variables permite generar estudios más detallados sobre el impacto de esa variación ambiental de la vegetación.

Con respecto a variables climáticas, se puede concluir que los escenarios de cambio climático estiman con un alto consenso un incremento de temperaturas en todas sus variables bioclimáticas, donde la magnitud varía solo acorde al escenario y periodo, pero siempre una anomalía positiva en cualquiera de los casos.

Por otra parte, la precipitación presenta un patrón menos regular, con zonas de leves incrementos, y variaciones importantes en valores extremos para nichos ambientales (precipitación del mes seco, etc.). Esta condición dificulta una óptima caracterización global, pero permite la deducción de información asociada, como por ejemplo, un aumento en la torrencialidad de fenómenos hidrometeorológicos severos en periodos reducidos de tiempo, como por ejemplo se señalaría el aumento de la precipitación del mes húmedo, junto con la disminución de la precipitación anual.

Estas proyecciones requieren un tratamiento especial sobre los datos de línea de base utilizados, pues desde donde se obtuvo la información proyectada, esta dependía del grid Worldclim, el cual presenta imprecisión e inconsistencia en datos correspondientes a algunas estaciones utilizadas. Para el presente trabajo se realizó un método de sustitución de línea de base, debido a que presenta una mejor precisión a escala nacional (en este caso Pliscoff et al. 2014). Estos métodos son recomendados y permiten sus usos a escala regional.

Los estudios de variación de distribución de vegetación son altamente dependientes de los parámetros ingresados por el usuario en el software SDM. Además de la calidad de los archivos utilizados (variables bioclimáticas, cubiertas vegetacionales de línea de base, etc.). Para este estudio se observó una tendencia general de variación de distribución en sentido norte-sur al igual que con aumento de la altitud. Estos resultados se deben mirar con especial atención, debido a que muestran los desplazamientos de los nichos ambientales potenciales y no el desplazamiento real de la vegetación. Los modelos ignoran barreras geográficas, capacidad de dispersión y desplazamiento; a la vez no considera otros elementos tales como la geología y edafología de cada sector, presencia de especies introducidas, el factor antrópico, y el hecho que si bien para cada unidad modelada el resultado individual arroja el porcentaje de adaptación a cada pixel generado, para su representación conjunta solo se señala el mejor adaptado, omitiendo la competencia inherente entre las diferentes unidades de vegetación que se podrían presentar en el mismo nicho geográfico.

Finalmente, el uso de estas herramientas SDM y estudios de este tipo permite vislumbrar patrones comunes entre escenarios y entre especies, tendencias. Por ende, sirven como paso preliminar para enfocar planes y propuestas de conservación, adaptación y mitigación. Además, de ser un elemento consultivo

para los actores tomadores de decisiones concernientes a esta temática, ya sea a nivel ministerial, municipal, o entes privados con planificaciones a largo plazo.

10. REFERENCIAS

BOWN, F., & RIVERA, A. (2007). Climate changes and recent glacier behaviour in the Chilean Lake District. *Global and Planetary Change*, Vol 59(1), pp 79-86.

CHANGE, I. C. (2007). The physical science basis. *Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 996.

CONAMA, D. (2006). Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. *Santiago: Departamento de Geofísica. Universidad de Chile.*

ELTON, C. (1927). 1927 Animal ecology. *London: Sidgwick and Jackson.*

FALVEY, M., & GARREAUD, R. D. (2009). Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979–2006). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol 114(D4).

FLATO, G., MAROTZKE, J., ABIODUN, B., BRACONNOT, P., CHOU, S. C., COLLINS, W., ... & FOREST, C. (2013). Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *K., Tignor, M., Allen, SK, Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., and Midgley, PM, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.*

GARREAUD, R. (2011). Cambio Climático: Bases físicas e impactos en Chile. *Revista Tierra Adentro–INIA*, Vol 93, pp 13-19.

GARREAUD, R. (2011). Cambio Climático: Bases físicas e impactos en Chile. *Revista Tierra Adentro*, 93(2), 1-14.

GRINELL, J. (1917). The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk*, 34(4), 427-433.

GUISAN, A., & ZIMMERMANN, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling*, Vol 135(2-3), pp 147-186.

HIJMANS, R.J., S.E. CAMERON, J.L. PARRA, P.G. JONES AND A. JARVIS, (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, Vol 25, pp 1965-1978.

HIRZEL, A. H., & LE LAY, G. (2008). Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*, Vol 45(5), pp 1372-1381.

HUTCHINSON, G.E. (1957) Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415-427. <http://dx.doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039>

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

LUEBERT, F., & PLISCOFF, P. (2006). *Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile*. Editorial Universitaria.

MARQUET, P., ABADES, S., ARMESTO, J., BARRIA, I., ARROYO, M., GAJARDO, R.,... VICUÑA, S. (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.

MARTÍNEZ. (2013). *El nicho ecológico: útil concepto aún en debate*. Cienciorama. UNAM, Mexico. (BUSCAR COMO CITAR)

MINVIELLE, M., & GARREAUD, R. D. (2011). Projecting rainfall changes over the South American Altiplano. *Journal of Climate*, Vol 24(17), pp 4577-4583.

MITTERMEIER, R. A., GIL, P. R., HOFFMANN, M., PILGRIM, J., T BROOKS, C. M., LAMOREUX, J., & DA FONSECA, G. A. B. (2004). Hotspots Revisted: Earth's Biologically Wealthiest and most Threatened Ecosystems. *CEMEX, México DF*, pp 99-103.

MMA (2012). *Plan de adaptación al Cambio Climático del sector silvoagropecuario*. Ministerio de medioambiente, Chile.

MMA (2015) *Asamblea General de la ONU: Chile compromete reducción de un 30% de emisión de gases de efecto invernadero al año 2030*. Portal.mma.gob.cl. Recuperado de <http://portal.mma.gob.cl/asamblea-general-de-la-onu-chile-compromete-reduccion-de-un-30-de-emision-de-gases-de-efecto-invernadero-al-ano-2030-2/>

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A., & KENT, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, Vol 403(6772), pp 853.

NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2016, publicado online en Enero 2017.

Recuperado 29 de Agosto 2019, de:

<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201613>.

NASA, 2018. Global Climate Change, “June 2018 ties for third-warmest June on record”. Goddard Institute for Space Studies. Recuperado 1 de Septiembre 2019, de: <https://climate.nasa.gov/news/2766/june-2018-ties-for-third-warmest-june-on-record/>

PEARMAN, P. B., GUIBAN, A., BROENNIMANN, O., & RANDIN, C. F. (2008). Niche dynamics in space and time. *Trends in ecology & evolution*, Vol 23(3), pp 149-158.

PEARSON, R. G. (2007). Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. *Synthesis. American Museum of Natural History*, Vol 50, pp 54-89.

PEASE, C. M., LANDE, R., & BULL, J. J. (1989). A model of population growth, dispersal and evolution in a changing environment. *Ecology*, Vol 70(6), pp 1657-1664.

PETERSON, A. T., SOBERÓN, J., PEARSON, R. G., ANDERSON, R. P., MARTINEZ-MEYER, E., NAKAMURA, M., & ARAUJO, M. B. (2011). *Ecological niches and geographic distributions (MPB-49)* (Vol. 56). Princeton University Press.

PLISCOFF, P., LUEBERT, F., HILGER, H. H., & GUIBAN, 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.

RIVERA, A., & BOWN, F. (2013). Recent glacier variations on active ice capped volcanoes in the Southern Volcanic Zone (37°–46° S), Chilean Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol 45, pp 345-356.

SARRICOLEA ESPINOZA, P., & ROMERO ARAVENA, H. (2015). Variabilidad y cambios climáticos observados y esperados en el Altiplano del norte de Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, Vol 62, pp 169-183.

SARRICOLEA, P., HERRERA-OSSANDON, M., & MESEGUER-RUIZ, Ó. (2017). Climatic regionalisation of continental Chile. *Journal of Maps*, Vol 13(2), pp 66-73.

SOBERÓN, J., OSORIO-OLVERA, L., & PETERSON, T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(2), 437-441.

STOCKER, T. F., QIN, D., PLATTNER, G. K., TIGNOR, M., ALLEN, S. K., BOSCHUNG, J. & MIDGLEY, B. M. (2013). IPCC, 2013: climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

WIENS, J. J., & GRAHAM, C. H. (2005). Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, Vol 36, pp 519-539.

WIENS, J. J., ACKERLY, D. D., ALLEN, A. P., ANACKER, B. L., BUCKLEY, L. B., CORNELL, H. V., ... & HAWKINS, B. A. (2010). Niche conservatism as an emerging principle in ecology and conservation biology. *Ecology letters*, Vol 13(10), pp 1310-1324.

11. ANEXO 1

ZONA NORTE CHICO																																
REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	LINEA BASE						ESCENARIO RCP 2.6 PROYECCIÓN 2030						ESCENARIO RCP 2.6 PROYECCIÓN 2080						ESCENARIO RCP 8.5 PROYECCIÓN 2030						ESCENARIO RCP 8.5 PROYECCIÓN 2080					
			B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14
ATACAMA	COPIAPO	Copiapo	10,3	20,3	1,2	56,3	14,6	0,7	12,0	22,0	2,8	43,9	11,8	0,3	12,5	22,3	3,1	49,4	13,8	0,3	12,1	21,9	2,7	45,9	14,6	0,2	15,3	25,3	5,9	49,9	13,9	0,3
		Caldera	15,6	23,8	7,2	35,8	15,4	0,0	17,2	25,2	8,8	27,7	12,4	0,0	17,7	25,4	9,2	33,7	15,2	0,0	17,3	25,2	8,8	32,1	13,1	0,0	20,5	28,4	12,2	34,4	13,4	0,0
		Tierra Amarilla	6,7	17,5	-2,7	73,3	14,9	0,8	8,4	19,0	-1,0	55,5	11,3	0,3	8,8	19,4	-0,8	63,0	12,8	0,7	8,4	19,0	-1,2	58,8	18,9	0,1	11,5	22,4	1,9	62,0	16,3	0,3
	CHAÑARAL	Chañaral	16,4	23,3	7,5	22,4	8,3	0,0	18,1	24,9	9,1	16,9	7,1	0,0	18,7	25,1	9,6	22,4	9,0	0,0	18,3	24,8	9,2	19,2	6,9	0,0	21,6	28,1	12,7	21,1	7,7	0,0
		Diego de Almagro	8,8	17,9	-0,7	60,5	13,5	0,8	10,6	19,8	0,8	58,9	16,2	0,4	11,0	20,3	1,0	59,8	16,3	0,6	10,7	19,8	0,8	56,9	15,9	0,3	14,0	23,3	3,9	65,0	16,9	0,5
	HUASCO	Vallenar	12,2	22,5	2,9	53,6	17,3	0,0	13,8	23,9	4,5	38,6	13,2	0,0	14,2	24,1	4,9	44,7	14,4	0,0	13,9	23,9	4,3	44,9	19,0	0,0	16,8	27,1	7,4	45,3	15,2	0,0
		Alto del Carmen	4,3	16,6	-4,4	92,1	22,8	0,6	6,0	18,0	-2,7	70,8	19,6	0,2	6,3	18,3	-2,3	80,1	19,8	0,6	6,0	17,9	-2,9	75,0	29,7	0,1	9,0	21,3	0,1	78,6	26,0	0,3
		Freirina	13,9	20,1	5,8	50,3	19,5	0,0	15,4	21,5	7,3	34,5	15,4	0,0	15,8	21,7	7,7	39,9	16,1	0,0	15,5	21,6	7,2	40,1	21,8	0,0	18,3	24,6	10,1	40,2	18,3	0,0
		Huasco	15,8	23,7	6,7	38,9	14,7	0,0	17,3	25,0	8,3	25,8	9,8	0,0	17,8	25,3	8,7	31,1	11,3	0,0	17,4	25,1	8,2	32,7	16,9	0,0	20,3	28,2	11,2	32,5	13,1	0,0
	COQUIMBO	ELQUI	La Serena	12,9	21,4	5,1	79,2	30,7	0,0	14,4	22,8	6,5	58,1	28,3	0,0	14,7	23,0	6,9	69,7	29,7	0,0	14,5	22,9	6,3	58,6	25,1	0,0	17,2	25,9	9,0	60,1	25,6
Coquimbo			14,5	22,7	7,1	99,3	32,6	0,0	16,0	24,1	8,5	75,4	31,3	0,0	16,3	24,2	8,8	90,6	33,1	0,0	16,1	24,2	8,2	71,8	24,6	0,0	18,7	27,1	10,8	73,1	26,8	0,0
Andacollo			13,1	23,9	4,6	124,8	47,9	0,0	14,6	25,3	6,0	101,4	46,9	0,0	14,9	25,5	6,4	115,8	48,6	0,0	14,6	25,4	5,8	97,0	39,3	0,0	17,3	28,4	8,4	99,4	39,6	0,0
La Higuera			10,8	19,5	2,8	70,1	25,1	0,0	12,4	21,0	4,3	51,0	21,9	0,0	12,7	21,1	4,6	59,7	22,8	0,0	12,5	21,0	4,1	54,6	24,9	0,0	15,2	24,1	6,9	56,0	23,2	0,0
Paihuano			5,7	18,9	-5,2	134,2	42,0	0,9	7,3	20,4	-3,8	107,7	42,8	0,2	7,6	20,5	-3,3	122,1	43,5	0,3	7,4	20,4	-3,9	103,1	46,0	0,1	10,2	23,7	-1,3	109,2	49,3	0,1
Vicuña			5,9	18,4	-3,9	118,4	35,4	1,1	7,5	19,9	-2,3	93,2	34,6	0,4	7,8	20,1	-1,9	106,6	35,2	0,8	7,6	19,9	-2,5	92,0	38,2	0,3	10,4	23,2	0,2	96,9	38,9	0,4
CHOAPA		Illapel	11,5	23,7	0,7	236,6	65,2	0,2	13,0	25,2	1,8	200,8	67,6	0,0	13,3	25,3	2,1	223,2	69,6	0,0	13,1	25,4	1,6	184,0	61,6	0,0	15,6	28,3	3,8	193,7	77,4	0,0
		Canela	13,6	23,4	5,1	196,8	52,5	0,0	15,0	24,8	6,2	162,0	53,5	0,0	15,3	25,0	6,6	183,4	54,6	0,0	15,1	25,0	6,0	146,9	43,0	0,0	17,6	27,8	8,3	154,2	54,4	0,0
		Los Vilos	13,4	22,7	3,8	261,0	74,9	0,0	14,8	24,1	4,8	220,7	75,5	0,0	15,1	24,2	5,1	246,2	76,4	0,0	14,9	24,3	4,6	199,4	62,7	0,0	17,4	27,2	6,7	211,7	77,0	0,0
		Salamanca	9,2	21,3	-2,7	295,3	74,3	1,1	10,7	22,8	-1,7	257,3	77,5	0,5	11,0	22,9	-1,4	281,8	80,1	0,3	10,8	22,9	-1,9	235,9	70,4	0,2	13,3	26,1	0,2	247,4	87,9	0,2
LIMARÍ		Ovalle	14,4	23,8	6,1	125,1	40,6	0,0	15,9	25,2	7,4	97,2	40,3	0,0	16,2	25,3	7,8	115,0	42,1	0,0	16,0	25,4	7,2	90,3	31,5	0,0	18,5	28,2	9,7	92,7	33,1	0,0
		Combarbala	11,8	24,7	1,1	212,5	60,7	0,1	13,4	26,3	2,3	180,8	61,9	0,0	13,6	26,4	2,6	200,1	63,3	0,0	13,4	26,4	2,0	168,5	55,6	0,0	16,0	29,4	4,4	175,8	66,5	0,0
		Monte Patria	10,5	23,9	-1,5	177,0	57,8	0,3	12,0	25,5	-0,2	148,1	59,2	0,0	12,3	25,6	0,1	165,7	60,6	0,0	12,1	25,5	-0,4	138,4	55,6	0,0	14,8	28,7	2,0	144,8	63,2	0,0
		Punitaqui	14,2	24,9	5,2	158,0	49,7	0,0	15,7	26,3	6,5	127,6	49,9	0,0	16,0	26,5	6,9	146,0	51,7	0,0	15,8	26,5	6,2	118,1	40,0	0,0	18,3	29,3	8,6	121,9	43,6	0,0
		Río Hurtado	9,3	22,2	-1,4	145,7	51,2	0,4	10,9	23,8	-0,1	120,0	51,7	0,1	11,2	23,8	0,3	135,6	52,9	0,2	11,0	23,8	-0,3	114,3	49,2	0,0	13,7	26,9	2,3	118,6	51,7	0,0

ZONA CHILE CENTRAL																																
REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	LINEA BASE						ESCENARIO RCP 2.6 PROYECCIÓN 2030						ESCENARIO RCP 2.6 PROYECCIÓN 2080						ESCENARIO RCP 8.5 PROYECCIÓN 2030						ESCENARIO RCP 8.5 PROYECCIÓN 2080					
			B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14
VALPARAISO	VALPARAISO	Valparaíso	13,8	21,7	5,4	565,3	143,2	0,0	15,1	22,8	6,1	512,8	146,1	0,0	15,4	23,0	6,6	540,0	141,4	0,4	15,2	23,2	6,1	482,1	129,3	0,0	17,4	26,2	7,5	494,7	128,8	0,4
		Casablanca	14,2	23,0	4,6	500,4	123,9	0,0	15,5	24,1	5,4	447,0	126,8	0,0	15,8	24,2	5,9	473,3	121,1	0,1	15,6	24,4	5,1	416,3	110,3	0,0	17,9	27,6	6,8	427,8	110,4	0,1
		Concon	14,8	24,0	5,9	427,3	111,6	0,0	16,2	25,1	6,7	376,4	114,3	0,0	16,5	25,3	7,2	404,4	111,1	0,0	16,3	25,4	6,5	346,8	98,6	0,0	18,5	28,6	8,2	360,7	97,6	0,0
		Puchuncavi	14,4	23,9	5,3	407,2	109,4	0,0	15,8	25,1	6,1	359,6	104,4	0,0	16,1	25,3	6,5	386,9	106,8	0,0	15,9	25,3	5,9	331,7	94,2	0,0	18,2	28,5	7,7	345,1	96,1	0,0
		Quilpue	13,5	24,3	3,3	509,1	135,1	0,0	14,8	25,4	4,1	458,2	138,1	0,0	15,1	25,6	4,5	485,8	133,9	0,0	14,9	25,8	3,9	428,0	122,1	0,0	17,2	29,0	5,6	441,0	122,3	0,0
		Quintero	14,9	23,8	6,1	391,8	105,2	0,0	16,2	24,9	6,9	342,6	106,8	0,0	16,5	25,1	7,4	368,6	104,9	0,0	16,3	25,1	6,7	313,5	91,9	0,0	18,6	28,4	8,4	326,0	91,2	0,0
		Villa Alemana	14,6	25,1	4,7	489,7	125,7	0,0	15,9	26,2	5,6	439,3	128,7	0,0	16,2	26,4	6,0	466,6	124,7	0,0	16,0	26,6	5,3	408,6	112,7	0,0	18,3	29,7	7,0	421,6	112,6	0,0
		Viña del Mar	14,4	23,1	5,7	498,3	130,3	0,0	15,7	24,2	6,4	446,8	133,3	0,0	16,0	24,5	6,9	474,6	129,3	0,2	15,8	24,6	6,3	415,9	117,1	0,0	18,0	27,7	7,8	430,1	116,4	0,2
		LOS ANDES	Los Andes	4,8	17,5	-5,6	412,1	93,7	2,8	6,2	19,0	-4,7	369,3	97,9	1,7	6,5	19,2	-4,4	396,7	99,7	1,8	6,3	19,1	-4,8	339,7	88,0	0,7	8,8	22,4	-3,2	346,4	105,8
	Calle Larga		11,2	25,3	-0,2	402,0	97,1	1,9	12,6	26,6	0,7	357,8	97,8	1,1	12,9	26,7	0,9	384,5	96,6	1,1	12,7	26,7	0,4	329,2	85,5	1,1	15,2	30,2	2,1	339,4	91,2	1,0
	Rinconada		13,8	28,0	2,1	320,8	87,7	0,1	15,2	29,2	3,0	277,9	85,6	0,0	15,5	29,4	3,2	304,1	85,2	0,0	15,3	29,4	2,6	249,4	74,2	0,1	17,7	32,8	4,5	262,4	79,7	0,1
	San Esteban		6,6	19,1	-3,8	387,5	88,2	2,6	8,1	20,6	-2,9	345,9	91,9	1,5	8,4	20,8	-2,7	372,9	93,4	1,6	8,2	20,7	-3,1	317,1	81,9	0,9	10,7	24,0	-1,4	326,6	96,8	0,8
	PETORCA	La Ligua	14,4	24,1	4,0	300,0	86,8	0,0	15,8	25,4	4,9	256,9	84,3	0,0	16,1	25,6	5,2	283,1	85,2	0,0	15,9	25,7	4,6	231,9	72,0	0,0	18,3	28,7	6,6	245,5	81,0	0,0
		Cabildo	12,3	24,1	-0,1	313,0	79,5	0,5	13,7	25,4	0,8	271,4	81,1	0,3	14,0	25,6	1,0	297,2	80,8	0,2	13,8	25,7	0,5	245,5	68,0	0,3	16,3	28,8	2,4	259,1	77,8	0,3
		Papudo	15,1	24,3	5,7	320,7	90,8	0,0	16,5	25,5	6,7	274,6	89,4	0,0	16,8	25,7	7,0	301,7	90,1	0,0	16,6	25,9	6,3	249,4	76,5	0,0	19,0	28,8	8,3	263,1	90,0	0,0
		Petorca	11,2	22,3	-1,5	308,1	79,3	0,5	12,6	23,7	-0,5	267,0	81,2	0,3	12,9	23,9	-0,3	292,9	81,7	0,1	12,7	23,9	-0,8	243,2	68,5	0,2	15,2	27,1	1,2	257,0	82,8	0,3
		Zapallar	14,9	24,6	5,3	354,5	96,9	0,0	16,3	25,8	6,3	308,6	91,7	0,0	16,6	26,1	6,6	335,5	94,3	0,0	16,4	26,2	5,9	281,0	81,5	0,0	18,8	29,2	7,8	296,8	94,1	0,0
	QUILLOTA	Quillota	14,8	25,7	4,7	426,5	110,7	0,2	16,2	26,9	5,6	376,7	110,4	0,1	16,5	27,1	6,0	405,7	109,1	0,1	16,3	27,2	5,3	347,8	96,6	0,1	18,6	30,3	7,1	361,9	100,7	0,1
		Hijuelas	13,9	26,1	3,0	398,3	112,0	0,0	15,3	27,5	3,9	351,6	106,2	0,0	15,6	27,7	4,0	379,5	107,9	0,0	15,4	27,8	3,6	322,8	96,2	0,0	17,8	30,8	5,3	338,1	99,9	0,0
		La Cruz	14,7	25,7	4,6	412,8	107,3	0,1	16,1	26,9	5,4	363,5	102,6	0,0	16,4	27,1	5,8	391,6	104,5	0,0	16,2	27,2	5,2	334,7	92,4	0,0	18,5	30,4	7,0	349,9	102,5	0,0
		Limache	14,8	25,7	4,7	444,4	115,2	0,0	16,2	26,8	5,5	394,6	118,1	0,0	16,5	27,0	6,0	422,8	114,4	0,0	16,3	27,2	5,2	364,2	102,2	0,0	18,6	30,3	7,0	378,3	104,2	0,0
		Nogales	13,4	24,3	3,0	394,2	106,9	0,0	14,8	25,6	3,8	348,5	98,8	0,0	15,1	25,8	4,1	375,6	103,4	0,0	14,9	25,9	3,6	320,5	91,4	0,0	17,2	29,0	5,4	335,8	95,8	0,0
		Olmue	13,6	25,7	2,8	455,7	126,2	0,0	15,0	26,9	3,6	406,6	127,8	0,0	15,3	27,1	3,9	435,3	124,6	0,0	15,1	27,2	3,4	377,6	112,4	0,0	17,4	30,4	5,1	392,3	115,0	0,0
	SAN ANTONIO	San Antonio	14,9	23,0	5,0	447,8	109,2	0,0	16,2	24,1	5,9	391,5	111,2	0,0	16,5	24,1	6,3	415,3	103,6	0,0	16,3	24,2	5,5	359,1	95,2	0,0	18,5	27,6	7,3	367,8	96,1	0,0
		Algarrobo	14,4	21,5	5,6	478,0	120,7	0,0	15,7	22,6	6,4	422,2	123,2	0,0	16,0	22,8	6,9	449,3	117,4	0,0	15,8	23,0	6,1	392,0	106,7	0,0	18,0	26,0	7,7	404,9	106,3	0,0
		Cartagena	14,6	22,9	4,7	444,0	108,5	0,0	16,0	24,0	5,6	388,3	110,9	0,0	16,2	24,1	6,0	414,8	104,1	0,0	16,1	24,2	5,2	356,2	94,5	0,0	18,3	27,5	6,9	367,0	95,7	0,0
		El Quisco	14,8	21,2	6,0	433,1	111,2	0,0	16,1	22,3	6,8	377,9	113,2	0,0	16,4	22,4	7,3	404,4	107,2	0,0	16,1	22,6	6,5	346,4	97,2	0,0	18,4	25,7	8,1	356,4	96,8	0,0
		El Tabo	14,9	21,9	5,7	425,0	105,8	0,0	16,2	23,0	6,5	369,3	107,8	0,0	16,5	23,0	7,0	395,5	101,4	0,0	16,3	23,2	6,2	337,9	91,8	0,0	18,5	26,4	7,9	347,5	93,1	0,0
		Santo Domingo	15,1	22,6	5,9	514,4	129,7	0,8	16,4	23,7	6,8	458,1	131,7	0,2	16,7	23,7	7,1	479,0	122,2	0,8	16,5	23,7	6,4	422,3	115,0	0,2	18,6	27,1	8,1	430,7	115,0	0,8
	SAN FELIPE DE ACONCAGUA	San Felipe	14,7	28,4	3,0	273,2	71,9	0,1	16,1	29,8	3,9	231,2	71,0	0,0	16,4	29,9	4,1	257,7	70,2	0,0	16,2	30,0	3,6	203,3	57,9	0,0	18,6	33,2	5,5	218,5	67,0	0,0
		Catemu	13,3	25,8	1,8	344,4	94,9	0,0	14,7	27,2	2,6	300,7	91,1	0,0	15,0	27,4	2,9	327,8	92,6	0,0	14,8	27,5	2,4	272,8	80,8	0,0	17,2	30,6	4,1	287,4	83,1	0,0
		Llailay	13,9	27,4	2,5	347,7	99,7	0,0	15,3	28,6	3,3	303,1	92,6	0,0	15,6	28,8	3,5	330,2	95,5	0,0	15,5	28,9	3,0	274,9	84,7	0,0	17,8	32,1	4,8	288,1	87,4	0,0
		Panquehue	14,7	28,3	3,0	289,5	79,9	0,0	16,1	29,7	3,9	246,8	75,5	0,0	16,4	29,9	4,1	273,4	76,2	0,0	16,2	30,0	3,6	219,1	65,0	0,0	18,6	33,1	5,4	232,2	70,5	0,0
		Putendo	8,7	21,0	-2,3	354,1	81,5	1,9	10,1	22,4	-1,3	312,5	84,7	1,1	10,4	22,6	-1,1	339,6	85,4	1,0	10,2	22,5	-1,5	285,6	73,6	0,8	12,7	25,8	0,3	297,8	85,1	0,8
		Santa María	12,9	26,5	1,5	316,4	76,8	1,2	14,3	27,8	2,4	274,3	77,0	0,5	14,6	27,9	2,6	301,3	76,4	0,4	14,4	28,0	2,1	247,7	64,6	0,5	16,8	31,3	4,0	259,0	70,6	0,5

METROPOLITANA	SANTIAGO	Santiago	15,0	29,7	3,3	324,5	76,6	0,2	16,4	30,8	4,2	275,9	78,6	0,2	16,6	31,0	4,6	301,0	74,0	0,1	16,5	30,7	3,8	245,1	64,6	0,1	18,8	34,6	5,6	253,6	75,0	0,0	
		Cerillos	14,9	29,4	3,4	358,6	86,7	0,6	16,3	30,5	4,3	309,6	88,7	0,1	16,6	30,7	4,7	334,7	83,7	0,1	16,4	30,4	3,9	278,9	74,7	0,0	18,8	34,3	5,7	285,2	83,4	0,0	
		Cerro Navia	15,1	29,5	3,2	322,8	80,4	0,0	16,5	30,6	4,1	273,8	82,4	0,0	16,8	30,8	4,6	299,3	78,4	0,0	16,6	30,6	3,7	243,5	68,4	0,0	18,9	34,4	5,6	251,3	84,1	0,0	
		Conchali	15,2	30,0	3,3	300,2	73,6	0,0	16,6	31,1	4,2	251,5	75,6	0,0	16,9	31,3	4,6	277,4	71,6	0,0	16,7	31,0	3,8	222,8	61,6	0,0	19,0	34,9	5,7	229,2	78,5	0,0	
		El Bosque	14,7	29,2	3,3	354,7	85,9	1,0	16,1	30,3	4,2	305,7	87,9	0,2	16,3	30,5	4,6	330,7	82,9	1,0	16,2	30,2	3,8	273,7	73,9	0,0	18,5	34,1	5,6	280,7	78,4	0,0	
		Estacion Central	15,0	29,6	3,3	338,4	81,0	0,0	16,4	30,7	4,2	289,4	83,0	0,0	16,7	30,9	4,7	313,6	78,1	0,0	16,5	30,7	3,8	258,8	69,0	0,0	18,8	34,5	5,6	266,2	80,7	0,0	
		Huechuraba	14,4	29,2	2,6	338,7	87,7	0,0	15,8	30,3	3,5	290,5	89,7	0,0	16,1	30,5	3,8	317,2	85,7	0,0	15,9	30,2	3,1	260,5	75,7	0,0	18,2	34,1	4,9	268,0	87,8	0,0	
		Independencia	15,0	29,8	3,2	311,9	75,4	0,0	16,4	30,9	4,1	263,1	77,4	0,0	16,7	31,1	4,6	288,9	73,4	0,0	16,5	30,8	3,7	233,3	63,4	0,0	18,9	34,7	5,6	240,9	77,0	0,0	
		La Cisterna	14,8	29,4	3,3	345,1	82,9	1,0	16,1	30,5	4,2	296,1	84,9	0,9	16,4	30,7	4,6	321,7	79,9	1,0	16,3	30,4	3,8	264,1	70,9	0,0	18,6	34,3	5,6	270,8	74,7	0,0	
		La Florida	12,5	27,2	1,6	396,7	92,3	1,0	13,9	28,3	2,4	349,0	94,2	0,8	14,2	28,5	2,7	373,9	89,2	0,6	14,0	28,3	2,1	316,8	80,2	0,4	16,3	32,1	3,7	322,2	85,0	0,2	
		La Granja	14,7	29,5	3,4	331,0	79,4	0,1	16,1	30,6	4,3	282,8	81,4	0,1	16,4	30,8	4,6	307,4	76,4	0,1	16,2	30,5	3,9	251,0	67,4	0,0	18,6	34,4	5,7	257,9	70,4	0,0	
		La Pintana	14,5	29,2	3,3	356,2	84,6	0,1	15,9	30,3	4,2	307,3	86,6	0,0	16,2	30,5	4,6	332,2	81,6	0,1	16,0	30,2	3,8	275,9	72,6	0,0	18,4	34,1	5,6	281,4	76,2	0,0	
		La Reina	14,0	28,9	2,6	350,5	87,6	0,3	15,4	30,0	3,5	302,5	88,9	0,3	15,7	30,2	3,8	328,4	84,9	0,1	15,5	29,9	3,1	270,9	74,9	0,0	17,9	33,8	4,9	278,8	81,3	0,0	
		Las Condes	11,8	26,6	0,7	421,0	102,0	1,1	13,2	27,8	1,6	373,7	104,0	0,9	13,5	27,9	1,8	398,8	99,9	0,6	13,3	27,7	1,3	341,8	90,1	0,0	15,7	31,5	3,0	348,6	98,3	0,0	
		Lo Barnechea	6,9	21,0	-3,6	471,2	106,8	2,8	8,3	22,3	-2,8	425,9	109,9	1,9	8,6	22,5	-2,5	451,5	108,1	1,8	8,4	22,4	-2,9	394,6	97,8	0,4	10,8	25,9	-1,4	399,3	110,9	0,4	
		Lo Espejo	14,9	29,4	3,3	356,2	85,6	1,0	16,2	30,5	4,2	307,2	87,6	1,0	16,5	30,7	4,6	333,1	82,6	1,0	16,3	30,4	3,8	275,6	73,6	0,0	18,7	34,3	5,6	282,0	79,1	0,0	
		Lo Prado	15,0	29,6	3,3	332,4	80,6	0,0	16,4	30,7	4,2	283,4	82,6	0,0	16,7	30,9	4,7	308,2	77,8	0,0	16,5	30,6	3,8	252,4	68,6	0,0	18,8	34,5	5,6	260,2	82,1	0,0	
		Macul	14,9	29,8	3,4	316,1	73,6	0,3	16,3	30,9	4,3	268,1	75,6	0,3	16,6	31,1	4,7	293,4	70,6	0,3	16,4	30,8	3,9	236,2	61,6	0,0	18,7	34,7	5,7	243,8	67,1	0,0	
		Maipu	14,8	28,8	3,3	368,4	93,7	0,0	16,2	29,9	4,2	318,2	95,7	0,0	16,5	30,0	4,6	342,8	90,7	0,0	16,3	29,8	3,8	287,2	81,6	0,0	18,6	33,7	5,6	295,1	92,9	0,0	
		Nuñoa	14,9	29,8	3,3	310,2	73,0	0,0	16,3	30,9	4,2	262,2	74,9	0,0	16,6	31,1	4,6	287,8	70,3	0,0	16,4	30,8	3,8	231,0	60,9	0,0	18,7	34,7	5,6	238,8	68,2	0,0	
		Pedro Aguirre Cerda	15,0	29,6	3,4	346,1	82,5	0,9	16,3	30,7	4,3	297,1	84,5	0,6	16,6	30,9	4,7	321,6	79,5	0,2	16,4	30,6	3,9	266,4	70,5	0,1	18,8	34,5	5,7	273,6	78,9	0,0	
		Peñalolen	12,4	27,1	1,4	392,6	92,7	0,9	13,8	28,3	2,2	344,9	94,1	0,7	14,1	28,5	2,5	370,0	89,2	0,5	13,9	28,2	1,9	312,4	80,2	0,1	16,2	32,0	3,5	319,2	85,7	0,0	
		Providencia	14,9	29,7	3,2	307,7	74,7	0,0	16,2	30,8	4,1	259,7	76,7	0,0	16,5	31,0	4,5	285,7	72,7	0,0	16,3	30,7	3,7	228,7	62,7	0,0	18,7	34,6	5,5	237,0	71,0	0,0	
		Pudahuel	14,5	28,3	2,8	362,6	93,9	0,0	15,9	29,4	3,7	311,4	95,9	0,0	16,2	29,5	4,1	337,6	91,4	0,0	16,0	29,4	3,3	281,5	81,6	0,0	18,3	33,1	5,2	290,7	94,0	0,0	
		Quilicura	15,1	29,7	3,1	300,0	76,6	0,0	16,5	30,8	4,0	250,8	78,6	0,0	16,8	31,0	4,5	277,6	74,6	0,0	16,6	30,8	3,6	222,0	64,6	0,0	19,0	34,6	5,5	229,3	83,5	0,0	
		Quinta Normal	15,0	29,7	3,3	321,1	77,7	0,0	16,4	30,8	4,2	272,1	79,7	0,0	16,7	31,0	4,7	297,2	75,7	0,0	16,5	30,7	3,8	241,4	65,7	0,0	18,9	34,6	5,6	250,1	80,3	0,0	
		Recoleta	14,9	29,8	3,2	308,6	75,9	0,0	16,3	30,9	4,1	260,6	77,9	0,0	16,6	31,1	4,5	286,1	73,9	0,0	16,4	30,8	3,7	230,2	63,9	0,0	18,8	34,7	5,5	238,0	75,7	0,0	
		Renca	15,1	29,6	3,2	313,4	78,2	0,0	16,5	30,7	4,1	264,1	80,2	0,0	16,8	30,9	4,5	289,9	76,2	0,0	16,6	30,7	3,7	234,5	66,2	0,0	18,9	34,5	5,6	242,4	82,9	0,0	
		San Joaquin	14,9	29,7	3,4	327,4	76,8	0,9	16,3	30,8	4,3	279,4	78,8	0,9	16,6	31,0	4,7	304,4	73,8	0,9	16,4	30,7	3,9	247,4	64,8	0,3	18,7	34,6	5,7	254,5	70,4	0,0	
		San Miguel	14,9	29,6	3,4	337,5	79,6	1,0	16,3	30,7	4,3	288,6	81,6	1,0	16,6	30,9	4,7	314,4	76,6	0,9	16,4	30,6	3,9	257,1	67,6	0,3	18,8	34,5	5,7	265,1	74,1	0,0	
		San Ramon	14,8	29,5	3,4	337,3	80,8	1,0	16,1	30,6	4,3	288,3	82,8	0,5	16,4	30,8	4,6	313,8	77,8	1,0	16,2	30,5	3,9	256,3	68,8	0,0	18,6	34,4	5,7	263,5	72,0	0,0	
		Vitacura	14,3	29,2	2,6	343,4	90,2	0,0	15,7	30,3	3,5	295,4	92,2	0,0	16,0	30,5	3,8	321,6	88,2	0,0	15,7	30,2	3,1	264,8	78,2	0,0	18,1	34,1	5,0	273,8	86,6	0,0	
		CORDILLERA	Puente Alto	13,8	28,6	2,9	370,7	85,1	0,9	15,2	29,7	3,8	323,1	87,1	0,9	15,5	29,9	4,1	347,0	82,1	0,7	15,3	29,6	3,4	290,9	73,1	0,8	17,7	33,5	5,1	294,5	77,2	0,1
			Pirque	11,5	26,0	1,4	484,9	109,2	1,4	12,9	27,1	2,3	437,1	111,2	1,5	13,2	27,3	2,6	459,8	105,3	0,6	13,0	27,1	2,0	404,8	97,2	0,8	15,3	30,9	3,5	406,4	102,4	0,2
	San Jose de Maipo		3,9	18,1	-5,6	531,5	111,9	5,3	5,3	19,3	-4,8	488,3	115,5	4,4	5,6	19,5	-4,6	511,1	113,7	4,7	5,4	19,4	-5,0	456,4	104,4	1,4	7,8	23,0	-3,6	451,7	121,7	1,9	
	CHACABUCO	Colina	12,1	26,6	0,5	376,8	95,8	0,9	13,5	27,7	1,3	330,6	97,1	0,5	13,8	27,9	1,6	356,9	94,7	0,5	13,6	27,8	1,0	301,6	83,8	0,4	16,0	31,4	2,8	311,2	94,1	0,4	
		Lampa	14,1	27,8	2,4	359,5	96,6	0,0	15,4	28,9	3,2	310,5	98,7	0,0	15,7	29,1	3,6	336,3	94,9	0,0	15,5	29,1	2,9	280,3	84,3	0,0	17,9	32,6	4,7	290,9	95,1	0,0	
		Tiltil	13,6	27,3	2,0	367,3	102,7	0,0	14,9	28,4	2,9	320,1	101,3	0,0	15,2	28,6	3,1	348,2	100,2	0,0	15,1	28,7	2,5	291,5	89,2	0,0	17,4	32,1	4,3	304,2	92,9	0,0	
	MAIPO	San Bernardo	14,7	28,9	3,5	402,1	97,2	0,5	16,1	30,0	4,4	353,0	99,2	0,2	16,4	30,2	4,8	376,2	93,6	0,2	16,2	29,9	4,0	319,9	85,2	0,0	18,5	33,8	5,8	326,3	93,0	0,0	
		Buin	14,8	28,7	3,9	447,6	111,3	0,3	16,1	29,8	4,8	397,2	111,3	0,4	16,4	30,0	5,2	420,2	106,4	0,0	16,2	29,7	4,4	365,1	98,6	0,1	18,5	33,6	6,2	369,8	102,9	0,0	
		Calera de Tango	14,8	28,8	3,6	408,5	100,8	0,0	16,2	29,9	4,5	359,0	102,8	0,2	16,5	30,0	4,9	380,4	97,0	0,0	16,3	29,8	4,1	325,3	88,8	0,0	18,6	33,7	5,9	332,0	96,9	0,0	
		Paine	13,5	27,1	3,1	499,0	123,2	0,3	14,8	28,2	3,9	447,9	119,0	0,7	15,1	28,3	4,2	470,1	117,1	0,1	14,9	28,1	3,6	415,1	109,7	0,2	17,2	31,9	5,2	419,2	113,1	0,1	
	MELIPILLA	Melipilla	14,8	25,9	4,1	450,9	113,2	0,0	16,1	27,0	4,9	396,4	115,6	0,2	16,4	27,1	5,3	419,4	107,9	0,0	16,2	27,0	4,6	364,0	99,9	0,0	18,5	30,7	6,3	372,7	101,8	0,0	
		Alhue	12,7	25,1	2,2	550,1	134,8	0,1	14,0	26,2	3,1	496,2	137,0	0,6	14,3	26,3	3,3	515,8	127,8	0,1	14,1	26,1	2,8	461,8	121,3	0,1	16,3	29,9	4,3	466,9	124,5	0,1	
		Curacavi	13,9	26																													

REGION	PROVINCIA	COMUNA	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	
O'HIGGINS	CACHAPOAL	Rancagua	13,6	27,1	3,1	508,4	123,3	0,2	15,0	28,3	4,0	457,1	123,8	0,3	15,3	28,3	4,1	476,4	116,2	0,0	15,1	28,1	3,6	422,5	110,0	0,1	17,3	32,0	5,2	424,9	115,1	0,1	
		Codegua	10,8	24,4	1,3	569,1	129,1	1,9	12,1	25,6	2,1	520,0	125,9	1,9	12,4	25,7	2,4	539,5	123,4	1,0	12,2	25,5	1,9	486,4	116,6	1,0	14,5	29,3	3,4	485,5	123,0	0,6	
		Coinco	14,3	27,8	3,5	524,0	129,1	0,0	15,7	29,0	4,4	470,4	132,1	0,0	15,9	29,0	4,5	489,4	121,6	0,0	15,7	28,8	3,9	434,4	116,1	0,0	18,0	32,7	5,6	436,7	119,9	0,0	
		Coltauco	13,9	27,0	3,2	550,6	134,4	0,0	15,3	28,2	4,1	495,6	136,7	0,2	15,6	28,2	4,3	514,3	126,4	0,0	15,4	28,0	3,6	459,9	121,2	0,0	17,6	31,8	5,4	462,8	124,3	0,0	
		Doñihue	13,8	27,2	3,1	530,2	129,8	0,0	15,2	28,4	4,0	477,7	131,5	0,2	15,5	28,4	4,2	496,6	122,6	0,0	15,3	28,2	3,5	442,1	116,4	0,0	17,5	32,1	5,2	444,6	120,6	0,0	
		Graneros	14,1	27,7	3,7	489,5	120,3	0,3	15,4	28,9	4,6	438,7	110,3	0,3	15,7	28,9	4,7	459,1	113,4	0,0	15,5	28,7	4,1	404,8	106,5	0,3	17,8	32,6	5,8	408,3	110,4	0,1	
		Las Cabras	14,4	26,3	4,1	517,1	128,3	0,0	15,7	27,4	5,0	461,6	131,2	0,1	16,0	27,4	5,2	480,0	119,8	0,0	15,8	27,3	4,6	425,1	114,3	0,0	17,9	31,0	6,3	430,8	116,5	0,0	
		Machali	5,6	19,5	-3,4	703,0	149,6	5,7	7,0	20,7	-2,7	656,1	151,9	5,5	7,3	20,8	-2,4	675,4	145,2	4,9	7,1	20,7	-2,8	622,8	138,9	3,2	9,4	24,5	-1,5	614,4	149,7	3,3	
		Malloa	13,0	26,9	2,3	681,6	161,4	0,4	14,3	28,1	3,1	627,1	164,3	0,9	14,6	28,1	3,3	647,1	153,4	0,2	14,4	27,9	2,7	592,1	148,8	0,8	16,6	31,8	4,3	591,7	152,8	0,3	
		Mostazal	10,5	24,1	1,1	568,5	129,5	1,8	11,8	25,2	1,8	518,9	127,8	1,9	12,1	25,4	2,1	540,3	124,0	1,2	11,9	25,2	1,6	486,4	117,0	0,9	14,2	29,0	3,1	486,7	121,9	0,6	
		Olivar	14,2	27,9	3,6	487,6	118,2	0,0	15,6	29,1	4,5	435,6	121,2	0,0	15,9	29,1	4,6	455,1	111,2	0,0	15,7	28,9	4,0	401,5	105,8	0,0	17,9	32,8	5,6	402,3	112,1	0,0	
		Peumo	14,1	27,0	3,5	548,7	134,3	0,0	15,4	28,2	4,4	493,3	137,3	0,1	15,7	28,2	4,6	510,6	125,4	0,0	15,5	28,0	4,0	455,3	120,5	0,0	17,7	31,8	5,7	459,5	123,5	0,0	
		Pichidegua	14,7	27,4	4,2	546,8	138,4	0,7	16,0	28,5	5,1	490,9	141,4	0,0	16,2	28,6	5,4	507,8	129,0	0,6	16,0	28,4	4,7	452,8	124,4	0,1	18,2	32,1	6,4	456,2	126,9	0,1	
		Quinta de Toloco	14,6	28,2	3,7	531,7	133,4	0,0	15,9	29,4	4,6	477,1	136,1	0,0	16,2	29,4	4,8	496,5	125,4	0,0	16,0	29,2	4,1	441,3	120,1	0,0	18,2	33,1	5,9	443,4	124,1	0,0	
		Rengo	10,6	24,5	0,4	722,5	163,5	1,7	11,9	25,7	1,2	669,7	166,5	2,4	12,2	25,7	1,4	689,3	156,2	1,3	12,0	25,6	0,9	635,8	151,3	1,7	14,3	29,4	2,4	632,8	155,9	1,0	
		Requinoa	11,2	25,0	1,2	684,1	156,1	1,3	12,6	26,2	2,0	632,4	157,6	1,9	12,8	26,3	2,1	651,3	149,1	0,7	12,7	26,1	1,6	599,1	143,7	1,5	14,9	30,0	3,1	595,9	147,9	0,6	
		San Vicente	14,0	27,6	3,2	597,7	149,0	0,7	15,3	28,8	4,1	542,1	152,4	0,2	15,6	28,8	4,4	559,5	140,2	0,7	15,4	28,6	3,6	505,3	135,8	0,2	17,6	32,5	5,3	506,9	139,2	0,2	
		CARDENAL CARO	La Estrella	14,5	25,4	4,9	567,3	142,2	0,0	15,8	26,5	5,8	511,9	145,2	0,1	16,0	26,5	6,1	527,8	132,2	0,0	15,9	26,5	5,4	472,9	127,3	0,0	18,0	30,0	7,1	476,1	128,2	0,0
			Litueche	14,2	23,5	5,2	618,6	153,8	0,1	15,5	24,6	6,1	562,1	156,0	0,3	15,7	24,6	6,4	580,0	143,8	0,1	15,5	24,6	5,7	524,7	138,6	0,1	17,6	28,0	7,3	529,3	138,6	0,1
			Marchihue	14,2	25,4	4,8	601,6	150,0	0,7	15,5	26,5	5,7	545,0	153,0	0,2	15,8	26,5	6,1	560,3	139,0	0,2	15,6	26,5	5,3	504,8	135,0	0,1	17,7	30,0	7,0	507,0	135,5	0,1
	Navidad		14,4	22,4	5,8	616,6	152,7	0,1	15,7	23,5	6,7	559,9	154,7	0,4	16,0	23,5	7,0	579,2	142,9	0,1	15,8	23,5	6,3	522,2	137,5	0,1	17,9	26,8	7,9	528,8	136,5	0,1	
	Paredones		13,9	25,1	5,1	668,8	157,1	1,9	15,1	26,2	6,0	613,2	160,8	1,0	15,4	26,2	6,4	624,6	143,3	1,1	15,2	26,2	5,6	567,8	141,1	0,2	17,2	29,6	7,0	567,0	141,9	0,9	
	Pichilemu		13,7	23,2	5,2	661,8	158,1	1,2	14,9	24,3	6,0	605,9	160,9	1,4	15,2	24,3	6,4	619,5	145,7	1,1	15,0	24,4	5,7	563,4	142,2	0,8	17,0	27,7	7,2	565,3	145,6	0,9	
	COLCHAGUA	San Fernando	6,8	21,2	-3,1	873,8	185,4	4,7	8,1	22,4	-2,4	823,7	189,0	5,4	8,4	22,5	-2,2	841,6	178,1	3,9	8,2	22,4	-2,6	787,5	173,7	3,8	10,4	26,2	-1,3	780,4	181,2	3,4	
		Chepica	13,5	27,7	3,0	753,8	185,0	1,4	14,8	28,9	3,9	697,1	189,4	0,0	15,1	28,9	4,2	713,0	174,1	1,0	14,9	28,9	3,4	656,2	171,1	0,1	17,0	32,5	5,0	655,0	173,8	0,0	
		Chimbarongo	13,2	27,9	2,3	825,3	195,0	2,2	14,5	29,1	3,2	770,4	199,0	1,3	14,7	29,1	3,5	788,3	185,9	2,2	14,6	28,9	2,7	732,6	182,1	1,6	16,7	32,8	4,4	730,5	186,4	1,0	
		Lolol	13,5	26,7	3,8	712,5	172,4	1,4	14,8	27,9	4,7	655,8	176,6	0,3	15,1	27,9	5,0	670,1	160,0	0,3	14,9	27,9	4,3	611,3	157,4	0,1	16,9	31,4	5,8	611,4	158,4	0,3	
		Nancagua	13,8	28,0	3,0	712,2	177,5	1,8	15,1	29,2	3,9	654,7	181,5	0,2	15,4	29,2	4,3	672,0	167,6	1,8	15,2	29,1	3,4	617,4	164,3	1,0	17,4	32,8	5,1	617,6	167,5	0,6	
		Palmilla	14,4	27,6	3,8	626,2	158,8	1,9	15,7	28,8	4,7	568,6	162,6	0,2	15,9	28,8	5,1	586,0	148,8	1,8	15,7	28,6	4,3	530,7	144,8	0,8	17,9	32,4	5,9	532,8	147,5	0,9	
		Peralillo	14,5	27,0	4,4	612,5	156,7	1,4	15,8	28,1	5,3	554,2	159,8	0,0	16,0	28,2	5,6	571,7	146,2	0,7	15,9	28,1	4,9	515,2	142,3	0,3	18,0	31,7	6,5	518,7	144,0	0,3	
		Placilla	13,6	27,8	2,8	720,1	179,2	2,1	14,9	29,0	3,7	663,8	183,2	0,8	15,2	29,0	4,0	682,3	170,2	2,1	15,0	28,8	3,2	626,6	166,2	1,5	17,2	32,7	4,9	626,1	169,9	0,9	
		Pumanque	14,0	26,2	4,4	636,5	156,8	1,6	15,2	27,3	5,3	579,8	160,6	0,4	15,5	27,3	5,7	594,4	144,6	0,6	15,3	27,2	4,9	536,5	141,7	0,1	17,4	30,8	6,5	538,3	142,2	0,5	
		Santa Cruz	13,8	27,3	3,4	692,3	173,7	1,8	15,1	28,5	4,3	635,1	177,7	0,2	15,4	28,5	4,7	651,9	163,0	1,4	15,2	28,5	3,8	595,4	159,7	0,2	17,3	32,1	5,5	596,9	162,1	0,7	

MAULE	TALCA	Talca	14,0	29,7	3,7	715,1	168,4	2,4	15,3	30,9	4,5	667,8	175,9	1,4	15,5	30,9	4,8	676,6	154,9	1,5	15,4	31,0	4,2	613,7	154,2	0,4	17,4	34,5	5,5	605,5	155,2	0,4
		Constitucion	12,7	24,2	4,9	937,4	216,8	5,6	13,9	25,4	5,5	895,3	223,8	6,5	14,1	25,4	6,0	895,2	199,8	5,5	14,0	25,6	5,5	832,8	200,0	5,2	15,9	28,6	6,5	817,4	195,5	5,3
		Curepto	13,2	26,3	4,3	813,0	191,1	2,3	14,4	27,5	4,9	763,2	196,9	2,3	14,7	27,5	5,4	770,2	175,9	1,9	14,5	27,6	4,9	709,9	175,1	1,6	16,5	30,9	6,0	701,8	173,5	1,6
		Empedrado	12,4	24,8	4,3	997,5	230,0	5,1	13,6	26,0	4,9	960,2	238,5	6,1	13,8	26,0	5,4	956,9	211,2	5,1	13,6	26,2	4,9	891,6	213,3	4,1	15,5	29,2	5,9	873,5	207,6	4,2
		Maule	14,0	29,5	3,9	756,1	183,1	3,3	15,2	30,7	4,7	711,4	191,1	3,0	15,5	30,7	5,0	717,0	168,7	2,3	15,3	30,8	4,4	652,9	168,4	1,3	17,3	34,3	5,7	643,9	168,5	1,3
		Pelarco	13,7	29,6	2,8	845,3	189,9	1,5	15,0	30,8	3,7	796,1	196,9	0,5	15,2	30,8	3,9	807,7	177,9	1,2	15,0	30,8	3,3	743,8	176,4	0,0	17,1	34,5	4,7	738,8	179,2	0,0
		Pencahue	13,3	27,9	3,8	816,3	192,5	2,1	14,6	29,1	4,5	768,8	199,5	1,5	14,8	29,1	4,9	774,9	177,6	1,2	14,7	29,2	4,3	712,7	177,2	0,7	16,7	32,6	5,5	704,2	176,5	0,7
		Rio Claro	13,3	29,1	2,4	901,5	203,9	1,2	14,6	30,3	3,3	849,3	210,1	0,3	14,9	30,3	3,6	862,7	192,3	0,8	14,7	30,3	2,8	801,0	190,4	0,0	16,8	34,0	4,3	796,1	193,6	0,0
		San Clemente	7,9	23,8	-3,0	1201,2	239,6	7,5	9,3	25,1	-2,2	1158,5	246,8	8,6	9,5	25,1	-2,2	1170,2	229,0	7,4	9,3	25,0	-2,5	1106,8	227,5	6,2	11,5	28,9	-1,2	1097,2	231,6	6,0
		San Rafael	14,0	29,5	3,4	707,2	165,3	1,3	15,2	30,7	4,2	657,2	172,2	0,3	15,5	30,7	4,5	667,9	152,6	0,8	15,3	30,8	3,9	606,0	151,3	0,0	17,4	34,4	5,2	599,4	153,1	0,0
	CAUQUENES	Cauquenes	13,2	27,1	4,4	891,3	202,0	4,5	14,4	28,4	5,1	859,0	212,8	4,8	14,6	28,3	5,6	852,5	183,3	3,5	14,4	28,6	4,9	785,2	185,8	2,6	16,3	31,7	6,1	761,2	180,1	2,6
		Chanco	12,8	23,6	5,3	905,7	212,6	5,1	14,0	24,8	5,9	871,7	221,6	5,6	14,2	24,9	6,4	865,4	192,5	4,2	14,0	25,1	5,8	799,4	195,3	3,3	15,9	27,9	6,9	776,7	187,7	3,7
		Pelluhue	12,3	22,7	4,9	969,5	223,4	5,9	13,5	23,9	5,5	940,7	233,8	6,4	13,7	23,9	6,0	930,4	202,7	4,9	13,5	24,2	5,4	863,5	206,2	3,9	15,3	27,0	6,5	835,4	197,4	3,9
	CURICÓ	Curico	9,1	24,6	-1,6	1066,8	224,6	4,7	10,4	25,8	-0,7	1017,0	230,0	5,2	10,7	25,9	-0,6	1032,2	214,7	4,3	10,5	25,8	-1,1	973,6	212,2	3,5	12,7	29,6	0,3	966,9	216,6	3,6
		Hualañe	13,6	27,3	3,9	712,9	171,2	0,7	14,9	28,5	4,7	658,4	176,2	0,1	15,1	28,5	5,2	671,0	157,8	0,1	14,9	28,5	4,4	611,1	156,0	0,0	17,0	32,0	5,8	608,3	156,5	0,1
		Licanten	13,4	25,1	5,0	765,3	179,3	2,4	14,6	26,2	5,6	714,6	184,2	3,0	14,8	26,2	6,1	721,5	164,2	2,3	14,7	26,3	5,6	662,0	162,7	2,1	16,6	29,5	6,7	656,5	160,9	2,3
		Molina	8,6	24,2	-2,1	1126,3	233,2	5,4	9,9	25,4	-1,4	1078,9	239,3	6,3	10,1	25,5	-1,2	1092,8	223,0	5,0	10,0	25,4	-1,7	1032,6	220,9	4,2	12,1	29,2	-0,3	1025,2	225,1	4,4
		Rauco	13,5	28,1	2,9	755,2	183,8	1,2	14,7	29,3	3,8	699,8	188,8	0,1	15,0	29,3	4,2	714,4	172,1	0,7	14,8	29,3	3,3	656,6	169,7	0,1	16,9	32,9	5,0	653,3	172,1	0,1
		Romerol	7,7	23,0	-2,7	1024,3	212,1	5,5	9,0	24,2	-1,9	974,6	216,6	6,3	9,3	24,3	-1,8	991,8	203,0	4,8	9,1	24,2	-2,2	935,0	199,9	4,7	11,3	28,0	-0,8	926,5	205,1	4,5
		Sagrada Familia	13,6	28,6	3,1	741,6	177,6	1,0	14,9	29,8	4,0	688,4	183,4	0,0	15,1	29,8	4,4	701,5	165,3	0,3	15,0	29,9	3,6	641,1	163,4	0,0	17,0	33,5	5,1	636,2	165,4	0,0
		Teno	12,3	27,4	1,5	920,8	208,7	2,4	13,7	28,6	2,4	867,4	213,5	1,9	13,9	28,6	2,7	884,4	199,1	2,2	13,7	28,5	1,9	827,1	195,9	1,7	15,9	32,3	3,6	823,7	199,9	1,2
		Vichquen	13,6	24,9	5,1	726,1	169,4	2,1	14,8	26,0	5,8	672,6	173,6	2,1	15,0	26,0	6,3	682,4	154,1	1,8	14,8	26,1	5,6	624,2	153,0	1,1	16,8	29,4	6,9	619,8	150,7	1,8
		LINARES	Linares	10,8	26,8	0,4	1536,9	317,5	7,1	12,1	28,1	1,1	1495,6	327,3	7,6	12,3	28,1	1,2	1503,9	305,0	6,9	12,2	28,0	0,9	1434,4	304,4	5,7	14,2	31,8	2,1	1423,7	307,9
	Colbun		8,3	24,3	-2,6	1431,5	280,1	9,7	9,6	25,6	-1,9	1391,2	289,4	10,7	9,8	25,7	-1,9	1402,0	269,0	9,7	9,7	25,6	-2,2	1333,2	267,9	9,0	11,8	29,5	-0,9	1322,0	271,8	8,7
	Longavi		11,6	27,8	1,3	1506,6	316,8	8,2	12,9	29,1	1,9	1467,9	327,6	8,6	13,1	29,1	2,1	1473,5	303,7	7,5	13,0	29,0	1,7	1402,5	303,4	6,2	15,0	32,8	2,9	1388,9	305,2	6,5
	Parral		12,3	28,5	2,0	1485,4	310,0	9,1	13,6	29,8	2,7	1449,5	322,0	9,6	13,8	29,8	2,9	1451,8	295,8	8,1	13,6	29,7	2,5	1380,5	296,1	7,1	15,6	33,4	3,7	1361,4	296,3	7,3
	Retiro		13,8	29,8	3,9	999,2	226,2	5,9	15,0	31,1	4,6	962,6	237,1	5,9	15,2	31,1	5,0	962,8	210,8	4,9	15,1	31,1	4,4	894,7	211,7	3,6	17,1	34,6	5,6	876,8	210,4	3,8
	San Javier		13,4	28,4	4,1	884,1	209,2	3,9	14,7	29,6	4,7	843,2	217,9	4,5	14,9	29,6	5,2	844,2	193,2	3,5	14,7	29,7	4,6	779,6	193,9	2,6	16,7	33,1	5,7	765,8	191,8	2,6
	Villa Alegre		14,0	29,8	3,9	811,2	197,4	5,2	15,2	31,1	4,6	769,2	206,4	5,9	15,5	31,0	5,0	772,7	183,1	4,9	15,3	31,0	4,4	707,9	183,2	4,0	17,3	34,7	5,6	696,5	183,2	4,0
	Yerbas Buenas		13,9	29,8	3,5	903,6	205,8	5,7	15,1	31,1	4,2	860,7	214,6	5,7	15,4	31,1	4,5	867,0	192,4	5,4	15,2	30,9	4,0	800,4	191,8	3,7	17,2	34,7	5,2	790,4	194,8	3,7

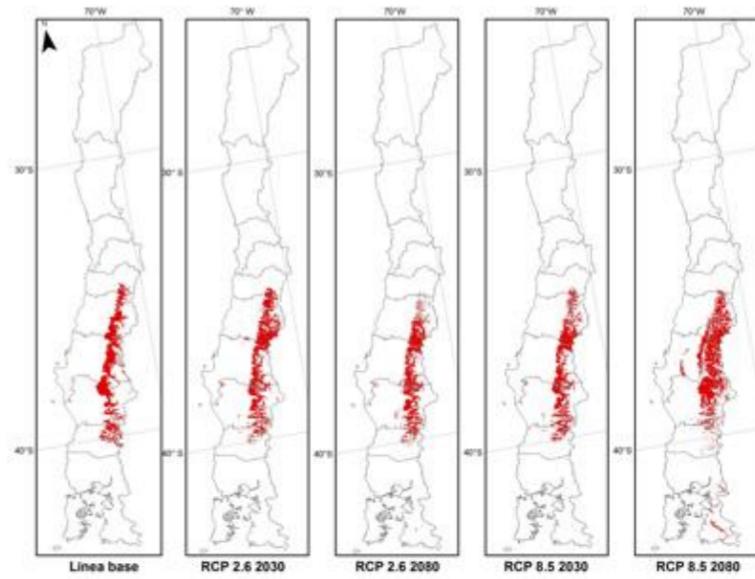
BIO BIO	CONCEPCION	Concepcion	12,5	23,6	4,9	1340,4	263,7	18,3	13,7	24,9	5,5	1314,5	279,8	18,2	13,9	25,0	5,9	1311,8	246,1	16,5	13,7	25,1	5,4	1230,7	247,6	14,5	15,4	27,9	6,5	1188,4	244,3	15,5
		Coronel	12,5	23,0	5,2	1356,5	266,1	21,5	13,6	24,2	5,7	1328,5	283,1	20,5	13,8	24,3	6,2	1332,7	248,9	19,4	13,6	24,4	5,7	1247,5	250,1	17,2	15,3	27,1	6,8	1200,1	245,9	18,4
		Chiguayante	12,3	23,2	4,8	1397,9	274,2	20,7	13,4	24,4	5,3	1371,1	290,9	20,0	13,6	24,5	5,8	1369,7	256,2	18,9	13,4	24,6	5,3	1288,6	258,2	17,0	15,1	27,5	6,4	1244,1	252,3	18,0
		Florida	12,5	25,1	4,1	1345,4	279,2	14,4	13,6	26,4	4,7	1318,1	295,4	14,4	13,8	26,4	5,1	1316,1	261,3	13,2	13,7	26,5	4,6	1235,7	263,2	10,7	15,4	29,5	5,7	1193,0	254,8	11,5
		Hualqui	12,6	25,1	4,4	1394,4	281,7	18,6	13,7	26,4	4,9	1364,1	299,3	17,8	13,9	26,4	5,4	1367,3	265,1	16,7	13,7	26,5	4,9	1283,3	265,7	14,5	15,5	29,4	6,0	1238,0	260,9	15,7
		Lota	11,6	22,6	4,3	1453,5	285,5	22,0	12,7	23,8	4,8	1424,4	303,5	21,0	12,9	23,9	5,3	1431,2	269,3	20,0	12,7	23,9	4,8	1344,0	269,5	17,0	14,5	26,8	5,9	1295,3	260,8	19,0
		Penco	12,3	22,9	4,8	1280,1	254,2	16,1	13,4	24,1	5,4	1256,0	270,0	16,1	13,6	24,2	5,8	1250,7	236,4	14,5	13,4	24,4	5,3	1170,1	237,5	12,2	15,2	27,2	6,4	1129,1	233,7	13,1
		San Pedro de la Paz	12,6	22,7	5,4	1251,6	242,6	19,7	13,7	23,9	6,0	1224,6	259,0	18,9	14,0	24,1	6,4	1225,7	224,8	17,7	13,8	24,2	5,9	1142,8	226,5	15,7	15,5	26,9	7,0	1097,3	227,8	16,7
		Santa Juana	11,9	24,5	4,0	1413,6	281,3	19,4	13,0	25,8	4,5	1380,0	300,3	18,2	13,3	25,8	5,0	1392,1	266,9	17,1	13,1	25,8	4,5	1301,4	266,1	14,2	14,8	28,9	5,6	1252,2	266,7	16,0
		Talcahuano	12,8	22,0	5,8	1017,3	195,5	13,8	13,9	23,2	6,4	994,5	210,0	13,8	14,2	23,5	6,8	989,3	186,7	11,8	14,0	23,6	6,3	909,7	179,9	10,0	15,7	26,1	7,4	866,0	195,7	10,8
Tome	12,3	23,0	4,7	1200,6	249,8	11,7	13,5	24,2	5,3	1176,0	264,6	11,7	13,7	24,3	5,7	1169,8	230,2	10,7	13,5	24,5	5,2	1091,9	233,0	8,7	15,3	27,3	6,3	1051,8	223,8	9,4		
Hualpen	12,9	22,1	5,9	1054,3	202,6	15,9	14,0	23,3	6,5	1030,5	218,6	15,9	14,2	23,6	6,9	1028,4	189,2	13,9	14,1	23,7	6,4	945,9	186,0	11,9	15,8	26,3	7,5	902,3	198,4	12,9		
ARAUCO	Lebu	12,3	21,7	6,1	1341,1	242,3	24,0	13,3	22,8	6,6	1299,5	257,9	21,8	13,6	23,1	7,1	1328,5	234,5	21,7	13,3	23,0	6,6	1228,6	226,2	19,1	14,9	25,5	7,7	1177,5	222,7	21,0	
	Arauco	12,3	21,7	5,8	1262,7	241,2	20,4	13,4	22,9	6,3	1230,3	259,1	19,0	13,6	23,1	6,8	1244,4	226,7	17,9	13,4	23,1	6,3	1152,3	225,3	15,4	15,1	25,7	7,4	1103,9	220,8	17,0	
	Cañete	11,3	23,1	4,4	1570,6	285,0	28,6	12,4	24,3	4,9	1523,5	305,7	26,4	12,6	24,5	5,3	1557,4	275,0	26,2	12,4	24,5	4,9	1454,5	271,1	23,5	14,1	27,2	6,0	1400,5	263,3	25,6	
	Contulmo	10,9	23,2	3,8	1522,6	276,2	26,1	12,0	24,5	4,3	1471,2	297,8	23,9	12,2	24,7	4,7	1509,3	267,9	23,7	12,0	24,7	4,3	1404,6	262,8	21,9	13,7	27,6	5,4	1348,3	256,1	23,5	
	Curanilahue	11,1	22,5	4,0	1499,0	285,7	22,8	12,2	23,7	4,5	1461,3	305,2	21,2	12,4	23,8	5,0	1481,6	272,4	20,3	12,2	23,8	4,5	1385,6	270,6	17,7	13,9	26,6	5,6	1335,4	261,7	19,7	
	Los Alamos	11,2	22,4	4,4	1530,6	283,4	25,4	12,3	23,6	4,9	1488,4	303,3	23,4	12,5	23,8	5,4	1516,0	271,9	23,3	12,3	23,8	4,9	1415,7	268,6	20,7	14,0	26,5	6,0	1364,7	260,1	22,8	
	Tir-a	11,4	21,7	4,8	1402,2	246,0	28,2	12,5	23,0	5,3	1344,3	266,9	25,6	12,8	23,3	5,7	1390,4	239,5	26,2	12,5	23,3	5,3	1282,5	234,5	24,0	14,2	25,9	6,4	1224,4	231,6	25,4	
BIO BIO	Los Angeles	13,0	28,8	3,4	1243,9	237,1	14,8	14,2	30,2	4,0	1206,8	255,0	13,9	14,4	30,2	4,4	1222,5	229,6	12,8	14,2	30,2	3,9	1132,1	228,6	9,7	16,1	33,6	4,9	1087,0	240,5	11,5	
	Antuco	7,3	24,9	-1,6	1881,1	351,7	36,9	8,6	26,3	-1,0	1844,4	369,6	36,8	8,8	26,4	-0,8	1859,5	342,0	35,9	8,7	26,5	-1,1	1777,9	337,8	35,3	10,7	30,2	0,0	1743,7	341,5	34,9	
	Cabrero	13,3	28,4	3,6	1194,6	246,2	14,6	14,5	29,7	4,2	1162,8	263,9	14,5	14,7	29,7	4,6	1167,4	231,3	13,2	14,5	29,7	4,1	1083,9	231,3	10,6	16,4	33,1	5,1	1042,3	234,3	11,6	
	Laja	13,2	27,9	3,9	1143,1	231,5	16,0	14,3	29,2	4,4	1108,1	251,0	15,0	14,6	29,3	4,9	1120,4	225,8	14,0	14,4	29,3	4,4	1030,6	225,7	11,0	16,2	32,5	5,4	983,8	238,7	13,0	
	MulchÚn	11,2	27,3	2,4	1927,8	337,9	32,4	12,4	28,8	2,9	1885,6	356,6	31,2	12,6	28,8	3,4	1911,1	333,2	30,9	12,5	28,8	2,9	1816,8	330,9	28,7	14,3	32,4	4,0	1766,8	338,5	29,1	
	Nacimiento	12,0	25,9	3,6	1338,9	266,0	18,0	13,1	27,2	4,1	1301,6	284,5	16,5	13,4	27,3	4,5	1319,1	260,4	15,6	13,2	27,2	4,1	1226,3	260,5	12,4	14,9	30,4	5,2	1174,7	268,7	14,3	
	Negrete	13,0	28,2	3,9	1126,5	214,6	17,2	14,2	29,6	4,4	1087,2	227,6	15,8	14,4	29,6	4,9	1107,4	214,4	15,2	14,3	29,6	4,4	1014,0	216,2	12,2	16,1	33,0	5,5	962,3	227,4	13,7	
	Quilaco	9,5	26,4	1,1	2384,3	412,3	43,9	10,7	27,9	1,7	2341,7	434,4	42,8	10,9	27,9	2,2	2367,7	405,1	42,9	10,8	28,0	1,7	2276,3	398,2	41,7	12,7	31,7	2,8	2227,7	400,6	41,1	
	Quilleco	11,0	28,1	1,8	1868,4	338,4	27,1	12,2	29,5	2,4	1830,5	358,2	26,1	12,5	29,6	2,7	1847,1	328,0	26,0	12,3	29,5	2,3	1760,0	323,8	24,4	14,2	33,3	3,3	1718,4	327,1	25,1	
	San Rosendo	12,9	26,8	4,1	1207,3	247,1	14,7	14,1	28,1	4,6	1174,0	266,1	13,7	14,3	28,1	5,1	1182,4	233,3	12,7	14,1	28,1	4,6	1093,5	232,4	9,8	15,9	31,3	5,7	1047,8	244,1	11,8	
	Santa Barbara	10,0	27,2	1,2	2121,2	378,0	37,3	11,2	28,7	1,9	2081,6	398,7	36,3	11,4	28,7	2,2	2102,5	369,0	36,2	11,3	28,7	1,8	2013,9	363,7	34,9	13,2	32,4	2,8	1970,4	365,5	35,1	
	Tucapel	10,1	27,3	0,8	1964,7	365,8	27,3	11,4	28,7	1,4	1927,9	384,0	27,2	11,6	28,7	1,7	1940,8	354,5	26,3	11,4	28,7	1,3	1857,3	351,6	24,7	13,4	32,5	2,3	1820,2	355,8	25,2	
	Yumbel	13,0	27,0	3,9	1220,8	252,5	15,5	14,1	28,3	4,4	1189,1	270,4	15,0	14,3	28,3	4,9	1194,0	236,8	13,6	14,2	28,3	4,4	1109,0	236,7	11,4	16,0	31,6	5,4	1064,4	236,3	12,6	
	Alto Biobio	7,4	25,0	-1,0	1923,0	331,3	44,2	8,7	26,5	-0,3	1884,0	352,2	43,2	8,9	26,6	0,2	1907,8	324,0	43,2	8,8	26,7	-0,3	1819,8	317,4	42,2	10,8	30,5	0,8	1776,6	321,2	41,3	
	NUBLE	Chillan	13,7	29,1	3,7	1130,4	229,4	9,9	14,9	30,4	4,4	1098,4	243,9	9,9	15,1	30,4	4,8	1097,4	215,7	8,9	14,9	30,3	4,2	1021,9	214,1	7,5	16,8	33,9	5,3	990,2	226,5	7,8
		Bulnes	13,6	28,6	3,9	1126,9	232,3	10,6	14,8	29,9	4,5	1096,4	248,1	10,6	15,0	29,9	4,9	1095,9	217,0	9,6	14,9	30,0	4,4	1017,3	217,1	7,1	16,7	33,4	5,4	981,0	227,4	7,6
Cobquecura		12,3	22,5	4,8	1016,0	232,0	7,5	13,4	23,7	5,4	990,1	244,1	8,5	13,6	23,7	5,9	979,6	211,1	6,5	13,5	23,9	5,3	910,7	214,9	5,5	15,3	26,8	6,4	876,3	205,4	5,5	
Coelemu		12,8	24,0	4,9	1125,9	249,0	8,1	13,9	25,2	5,5	1100,1	263,2	8,1	14,2	25,3	5,9	1093,7	229,1	7,1	14,0	25,4	5,4	1017,3	232,2	5,1	15,8	28,3	6,5	979,8	223,2	6,1	
Coihueco		10,6	27,1	0,3	1859,9	369,1	15,1	11,9	28,5	1,0	1823,9	383,6	15,3	12,1	28,5	1,2	1830,0	356,3	14,1	12,0	28,4	0,8	1753,6	355,5	13,6	14,0	32,2					

ZONA SUR																																	
REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	LINEA BASE			ESCENARIO RCP 2.6 PROYECCION 2030						ESCENARIO RCP 2.6 PROYECCION 2080						ESCENARIO RCP 8.5 PROYECCION 2030						ESCENARIO RCP 8.5 PROYECCION 2080									
			B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	B1	B5	B6	B12	B13	B14	
ARAUCANÍA	CAUTÍN	Temuco	11,5	24,3	3,5	1240,8	206,7	29,9	12,6	25,8	4,0	1175,9	229,6	25,2	12,9	26,3	4,4	1227,3	204,0	25,4	12,7	26,4	4,0	1118,9	203,9	20,9	14,5	29,2	5,1	1054,4	204,6	23,9	
		Carahue	10,9	20,6	4,3	1368,7	242,1	26,8	12,0	22,0	4,8	1302,1	263,4	22,9	12,3	22,3	5,2	1357,0	238,5	23,9	12,0	22,3	4,8	1246,0	232,2	20,4	13,7	25,0	5,9	1182,9	228,0	22,2	
		Cunco	9,6	23,2	1,2	2266,6	376,9	42,4	10,8	24,8	1,7	2196,4	390,8	37,6	11,0	25,1	2,2	2249,7	373,4	38,2	10,8	25,4	1,6	2143,9	373,4	32,9	12,7	28,6	2,8	2078,2	374,3	35,4	
		Curarrehue	7,6	21,3	-0,5	1767,6	304,2	33,7	8,9	22,9	0,1	1690,9	316,9	29,9	9,1	23,3	0,6	1749,0	296,8	31,5	8,9	23,6	0,0	1645,4	288,3	26,0	10,9	27,1	1,2	1578,8	292,6	26,0	
		Freire	11,6	24,3	3,7	1684,5	276,9	38,4	12,7	25,8	4,2	1611,0	293,7	32,7	13,0	26,5	4,6	1669,4	276,0	33,4	12,8	26,6	4,1	1558,9	275,8	28,5	14,6	29,4	5,3	1491,1	274,2	31,4	
		Galvarino	11,6	24,7	3,8	1057,7	185,5	21,8	12,7	26,1	4,3	998,9	208,5	18,3	13,0	26,5	4,7	1044,8	181,1	18,4	12,8	26,6	4,3	937,8	178,9	14,5	14,5	29,5	5,4	876,6	180,9	16,8	
		Gorbea	11,3	24,0	3,7	1954,2	328,5	37,1	12,4	25,5	4,2	1873,2	339,0	31,6	12,7	26,0	4,6	1936,5	320,7	32,6	12,5	26,1	4,1	1825,5	311,6	28,0	14,2	29,0	5,3	1753,9	310,1	30,4	
		Lautaro	10,8	24,5	2,6	1597,0	269,0	32,7	12,0	26,0	3,1	1538,6	292,7	28,9	12,2	26,3	3,5	1583,1	265,2	28,9	12,0	26,6	3,0	1478,5	262,6	24,4	13,9	29,7	4,2	1416,8	265,6	26,8	
		Loncoche	10,9	23,9	3,3	2138,9	358,3	40,9	12,1	25,5	3,8	2051,7	343,6	35,0	12,3	26,0	4,2	2120,4	343,3	36,9	12,1	26,0	3,7	2007,8	326,2	32,1	13,9	29,1	4,9	1934,2	320,5	34,0	
		Melipeuco	7,5	22,4	-0,2	1980,6	340,0	34,1	8,8	24,0	0,4	1919,7	362,6	31,5	9,0	24,2	1,0	1964,6	337,2	32,5	8,8	24,5	0,4	1864,3	329,8	29,0	10,8	28,0	1,6	1803,4	333,3	28,3	
		Nueva Imperial	11,7	23,1	4,3	1208,7	210,9	26,2	12,8	24,5	4,8	1139,6	232,9	21,6	13,1	25,0	5,2	1195,0	208,7	22,2	12,9	25,0	4,8	1084,7	202,8	18,1	14,6	27,8	5,9	1018,8	200,5	20,5	
		Padre Las Casas	11,7	24,4	3,6	1393,6	225,9	35,3	12,8	25,9	4,1	1325,2	248,5	30,3	13,1	26,6	4,5	1378,6	224,1	30,5	12,9	26,7	4,0	1270,8	227,5	26,3	14,7	29,4	5,2	1204,6	227,3	28,8	
		Perquenco	11,2	25,1	2,9	1317,5	225,2	28,1	12,4	26,6	3,4	1261,1	249,1	24,4	12,6	26,8	3,8	1303,9	220,8	24,1	12,5	27,0	3,4	1200,1	220,4	20,1	14,3	30,1	4,5	1138,9	224,2	22,8	
		Pitrufquen	11,5	24,0	3,8	1836,5	309,8	37,6	12,6	25,5	4,3	1758,1	327,8	32,2	12,9	26,1	4,7	1820,2	307,5	32,9	12,7	26,2	4,2	1709,1	303,3	28,2	14,4	29,0	5,4	1638,6	300,9	31,0	
		Pucon	8,7	22,1	0,4	2335,3	393,5	45,2	9,9	23,7	1,0	2257,2	402,2	40,1	10,2	24,1	1,5	2316,4	383,5	41,1	10,0	24,3	0,9	2210,6	374,8	35,5	11,9	27,7	2,1	2142,0	377,0	37,5	
		Saavedra	12,0	21,0	5,4	1282,4	225,6	32,7	13,1	22,3	5,9	1209,9	246,3	26,7	13,4	22,7	6,3	1268,9	223,6	26,7	13,1	22,7	5,9	1157,4	216,9	22,7	14,8	25,4	7,0	1091,3	212,8	25,2	
		Teodoro Schmidt	11,8	21,9	4,7	1526,2	268,8	33,2	12,8	23,3	5,2	1449,1	289,5	27,2	13,1	23,8	5,6	1510,8	268,1	27,7	12,9	23,8	5,2	1399,4	260,8	23,6	14,6	26,5	6,3	1330,6	257,8	26,0	
		Tolten	11,3	21,9	4,3	1843,7	309,4	40,6	12,4	23,4	4,8	1759,5	327,0	35,3	12,7	23,7	5,2	1827,2	308,1	36,6	12,4	23,7	4,8	1714,4	300,6	32,2	14,1	26,6	5,9	1642,2	298,5	34,2	
		Vilcun	9,8	23,5	1,6	1964,8	325,5	37,3	11,0	25,0	2,1	1902,5	347,8	33,5	11,3	25,4	2,6	1950,1	323,0	33,8	11,1	25,6	2,0	1845,2	323,6	29,2	13,0	28,8	3,2	1782,4	325,8	31,4	
		Villarrica	10,2	23,3	2,0	2396,8	404,3	46,4	11,4	24,9	2,5	2313,9	397,2	39,8	11,7	25,4	2,9	2377,9	391,2	40,7	11,5	25,6	2,4	2268,0	381,3	35,1	13,3	28,8	3,6	2196,5	377,5	38,1	
	Cholchol	11,6	23,8	4,0	1073,6	185,9	22,4	12,7	25,2	4,5	1009,8	208,7	18,7	13,0	25,7	4,9	1060,8	182,5	19,0	12,8	25,7	4,5	951,3	179,1	15,2	14,5	28,5	5,6	888,7	178,6	17,9		
	MALLECO	Angol	10,7	25,0	2,5	1463,5	274,3	20,8	11,9	26,4	3,0	1420,9	296,1	18,9	12,1	26,4	3,5	1446,9	264,5	18,0	11,9	26,4	3,1	1348,3	260,7	14,8	13,7	29,6	4,2	1295,4	258,4	17,2	
		Collipulli	10,5	26,3	2,1	2068,9	357,4	35,0	11,7	27,7	2,6	2023,2	380,2	33,1	12,0	27,8	3,1	2053,2	352,2	33,0	11,8	27,8	2,6	1956,3	350,8	30,3	13,7	31,4	3,7	1903,5	358,0	31,5	
		Curacautin	8,3	23,8	0,5	2277,9	387,3	37,5	9,5	25,3	1,1	2225,5	410,4	35,4	9,7	25,4	1,7	2263,3	382,6	36,2	9,6	25,6	1,1	2164,6	377,1	33,7	11,5	29,2	2,2	2108,1	381,3	33,2	
		Ercilla	11,2	26,3	2,6	1578,6	275,3	27,1	12,3	27,8	3,1	1530,3	295,7	24,5	12,6	27,8	3,5	1563,4	271,8	24,1	12,4	27,9	3,1	1464,2	272,9	20,2	14,3	31,3	4,2	1408,8	279,5	22,5	
		Lonquimay	7,3	24,1	-1,0	1465,8	258,9	29,6	8,6	25,6	-0,4	1419,7	280,8	28,1	8,8	25,7	0,3	1451,8	254,2	28,7	8,7	26,1	-0,3	1360,6	246,6	27,1	10,6	29,7	0,8	1308,5	251,0	24,1	
		Los Sauces	11,5	25,9	3,4	1139,7	213,8	17,7	12,6	27,3	3,9	1091,5	236,5	14,9	12,9	27,3	4,3	1125,6	205,5	14,6	12,7	27,4	3,9	1024,1	200,2	10,8	14,5	30,6	5,0	968,5	198,7	13,3	
		Lumaco	11,0	23,5	3,6	1277,2	230,8	21,6	12,1	24,8	4,1	1221,5	253,3	19,1	12,3	25,0	4,5	1264,6	224,8	19,0	12,1	25,1	4,1	1157,3	218,6	16,6	13,8	28,0	5,2	1098,6	215,0	18,5	
		Puren	11,2	24,5	3,6	1351,2	251,2	21,3	12,3	25,9	4,1	1301,6	273,4	18,8	12,5	26,0	4,5	1337,6	242,8	18,3	12,3	26,0	4,1	1234,3	238,6	15,3	14,0	29,0	5,2	1178,0	235,7	17,7	
		Renaico	12,7	27,9	3,8	1151,5	216,1	17,7	13,9	29,3	4,3	1110,4	236,2	16,2	14,1	29,3	4,7	1132,9	210,3	15,2	13,9	29,4	4,3	1038,4	210,4	13,0	15,7	32,7	5,4	987,1	220,1	14,7	
		Traiguén	11,5	25,6	3,3	1167,8	205,0	22,6	12,6	27,1	3,8	1114,2	228,1	19,3	12,9	27,3	4,2	1154,0	199,3	18,8	12,7	27,5	3,8	1050,7	199,4	14,8	14,4	30,5	4,9	991,3	204,3	17,6	
		Victoria	10,7	25,4	2,4	1759,3	300,7	31,7	11,8	26,9	2,9	1707,4	321,4	28,7	12,1	27,0	3,3	1745,7	298,1	28,9	11,9	27,2	2,8	1644,2	301,3	24,5	13,8	30,5	3,9	1586,4	307,7	27,0	
		LOS RÍOS	VALDIVIA	Valdivia	11,2	21,6	4,2	2129,3	343,0	55,7	12,2	23,0	4,7	2027,2	348,6	48,7	12,5	23,3	5,1	2105,8	337,5	51,2	12,3	23,1	4,7	1994,0	330,6	47,0	13,9	26,3	5,9	1912,6	329,8
Corral				10,4	19,3	3,8	2093,7	325,7	58,6	11,4	20,7	4,4	1988,2	338,7	51,4	11,7	21,1	4,7	2067,1	330,9	54,2	11,4	20,9	4,3	1958,2	325,9	50,4	13,0	23,8	5,5	1874,1	324,0	49,4
Lanco	10,9			23,9	3,5	2148,7	357,3	42,9	12,0	25,5	4,0	2056,0	334,9	36,3	12,3	25,9	4,4	2129,5	340,9	38,7	12,1	26,0	3,9	2015,0	323,8	33,8	13,9	29,1	5,1	1939,7	317,5	35,3	
Los Lagos	10,6			22,4	3,5	2057,2	330,7	46,8	11,8	24,0	4,1	1954,5	305,1	39,7	12,0	24,4	4,4	2032,0	311,8	41,7	11,8	24,4	3,9	1920,1	298,2	36,7	13,6	27,7	5,2	1839,4	292,2	37,9	
Mafil	11,5			23,7	4,3	1973,0	322,8	45,5	12,6	25,2	4,8	1874,8	303,8	40,1	12,9	25,6	5,2	1950,6	305,1	42,4	12,7	25,5	4,7	1837,4	290,6	37,6	14,4	28,7	6,0	1759,0	286,7	38,7	
Mariquina	11,1			22,5	4,1	2005,0	329,3	45,2	12,2	23,9	4,6	1911,6	331,5	40,1	12,5	24,2	5,0	1985,0	320,6	42,8	12,2	24,1	4,5	1872,1	310,6	39,0	13,9	27,3	5,7	1795,2	308,4	38,8	
Paillaco	11,3			22,7	3,9	1785,8	289,0	48,0	12,4	24,3	4,5	1677,1	278,3	43,2	12,7	24,7	4,8	1756,9	273,7	46,5	12,4	24,6	4,4	1647,8	263,6	42,0	14,1	27,8	5,6	1561,7	263,6	40,4	
Panguipulli	9,1			21,2	1,6	2151,6	350,7	44,8	10,3	22,9	2,2	2057,1	337,4	37,7	10,6	23,3	2,5	2128,4	334,7	39,0	10,4	23,5	2,0	2019,1	324,1	33,3	12,2	26,8	3,2	1943,4	319,3	35,4	
RANCO	La Unión		10,5	20,2	3,6	1773,7	278,5	52,9	11,6																								

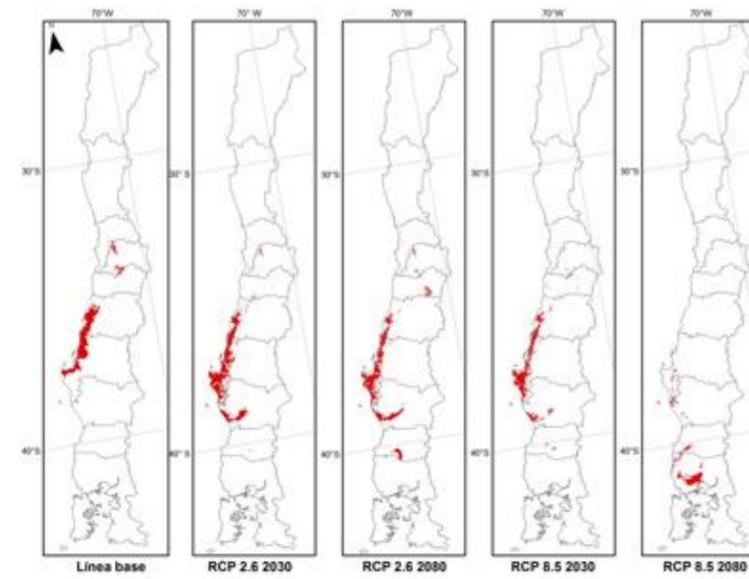
LOS LAGOS	LLANQUIHUE	Puerto Montt	9,5	19,2	2,4	2062,7	296,0	80,2	10,6	21,0	2,9	1930,5	299,2	71,1	10,9	21,5	3,3	1991,9	303,5	72,4	10,6	21,1	2,8	1915,5	297,1	71,1	12,3	24,6	4,2	1803,4	303,7	63,8
		Calbuco	10,4	19,4	3,9	1987,8	275,7	85,8	11,4	21,0	4,4	1852,6	286,1	72,4	11,8	21,5	4,8	1910,0	294,2	71,4	11,5	21,1	4,4	1837,9	288,4	70,8	13,1	24,4	5,7	1722,4	295,0	64,9
		Cochamo	7,4	19,0	-1,0	1738,6	271,8	61,1	8,5	20,9	-0,5	1613,0	260,2	57,3	8,8	21,7	-0,1	1671,3	263,4	60,7	8,5	21,3	-0,6	1596,4	257,6	57,5	10,3	25,0	0,8	1493,1	261,9	47,0
		Fresia	9,7	17,7	3,8	1806,5	260,4	70,8	10,7	19,1	4,3	1682,6	271,7	65,0	11,1	19,6	4,7	1748,5	275,9	67,9	10,8	19,2	4,3	1665,1	270,8	65,6	12,3	22,1	5,5	1560,6	274,0	58,7
		Frutillar	10,6	20,3	3,5	1592,8	237,9	64,9	11,7	21,9	4,0	1465,4	249,0	56,5	12,0	22,3	4,4	1534,0	250,9	56,6	11,7	22,0	4,0	1446,8	244,3	54,7	13,4	25,3	5,2	1339,9	249,4	51,2
		Los Muermos	10,1	18,1	4,1	1906,2	268,7	79,7	11,0	19,5	4,6	1778,4	279,2	73,0	11,4	20,1	5,1	1840,3	286,0	75,4	11,1	19,6	4,6	1762,8	281,0	73,7	12,6	22,6	5,8	1653,7	284,8	66,0
		Llanquihue	10,4	19,7	3,7	1706,4	241,8	72,5	11,4	21,3	4,2	1576,7	253,1	66,6	11,8	21,7	4,6	1641,6	256,8	67,0	11,5	21,4	4,2	1559,4	250,3	65,9	13,1	24,7	5,4	1449,9	255,8	60,5
		Mauñin	10,5	18,8	4,4	1973,4	277,0	85,2	11,5	20,3	4,9	1841,9	286,9	73,1	11,9	20,9	5,4	1899,5	295,5	72,2	11,6	20,4	4,9	1827,5	290,5	71,3	13,1	23,5	6,2	1714,6	295,4	65,7
		Puerto Varas	9,0	19,4	1,1	2152,3	322,1	78,5	10,1	21,2	1,6	2027,4	309,2	71,8	10,4	21,7	2,0	2094,3	313,4	74,5	10,1	21,5	1,5	2008,6	305,7	72,1	11,9	25,0	2,8	1905,9	306,2	64,6
	CHILOÉ	Castro	9,6	17,5	3,2	2155,9	326,8	80,9	10,6	18,8	3,7	2024,3	328,0	71,9	10,9	19,3	4,2	2077,7	341,0	77,0	10,6	18,8	3,7	2012,8	339,2	73,9	12,0	21,7	5,0	1908,4	343,4	62,7
		Ancud	10,2	17,6	4,3	2206,2	309,7	89,3	11,1	19,0	4,8	2076,3	316,9	77,0	11,5	19,4	5,3	2131,9	328,8	77,2	11,2	18,9	4,8	2063,2	325,8	75,4	12,6	21,8	6,1	1954,7	329,2	68,7
		Chonchi	10,0	17,5	3,6	2068,3	306,3	84,7	10,9	18,8	4,2	1939,7	293,4	71,6	11,2	19,3	4,7	1993,8	305,0	74,0	10,9	18,8	4,2	1928,0	304,5	69,6	12,3	21,5	5,5	1830,3	308,3	62,9
		Curaco de Velez	10,3	18,8	3,4	2200,0	332,0	83,8	11,3	20,3	4,0	2062,3	338,7	76,2	11,6	20,8	4,5	2114,7	350,7	79,5	11,3	20,3	4,0	2051,7	348,0	77,8	12,8	23,4	5,3	1940,7	353,7	66,8
		Dalcahue	9,4	16,9	3,2	2213,1	324,0	83,7	10,3	18,2	3,7	2082,7	330,5	75,5	10,6	18,7	4,2	2136,7	343,4	81,0	10,3	18,2	3,7	2070,7	341,1	78,2	11,8	21,0	5,0	1964,8	344,8	66,4
		Puqueldon	10,5	19,1	3,6	2123,0	323,3	85,0	11,5	20,5	4,1	1986,6	310,9	72,7	11,8	21,0	4,6	2039,0	323,8	73,2	11,5	20,5	4,1	1977,3	321,7	70,7	13,0	23,5	5,4	1868,6	326,9	63,9
		Queilen	10,4	19,0	3,5	2212,6	316,3	94,6	11,4	20,4	4,0	2075,4	299,5	79,6	11,7	21,0	4,5	2127,7	310,8	80,6	11,4	20,4	4,0	2064,7	309,1	77,1	12,9	23,5	5,3	1959,8	315,1	70,7
		Quellon	9,9	16,9	4,0	2067,4	279,4	95,9	10,8	18,1	4,5	1942,4	267,0	80,9	11,2	18,7	5,0	1997,4	276,4	84,2	10,9	18,1	4,6	1929,8	277,5	77,0	12,3	20,9	5,8	1844,1	281,9	72,5
		Quemchi	10,3	18,8	3,7	2272,4	314,2	93,0	11,3	20,4	4,2	2134,4	322,2	83,2	11,6	20,8	4,7	2187,2	333,9	82,5	11,3	20,4	4,2	2123,2	329,5	81,6	12,8	23,6	5,5	2007,3	335,8	74,3
	Quinchao	10,6	19,6	3,4	2236,8	321,5	92,7	11,5	21,1	4,0	2096,0	323,9	80,6	11,9	21,7	4,5	2147,2	336,0	80,7	11,6	21,1	4,0	2085,8	332,7	79,4	13,1	24,4	5,3	1971,2	339,3	71,7	
	OSORNO	Osorno	11,1	21,6	3,4	1429,3	218,5	52,3	12,2	23,2	3,9	1309,3	230,5	45,7	12,5	23,6	4,3	1386,9	227,5	48,5	12,3	23,3	3,9	1288,1	220,4	45,0	13,9	26,5	5,1	1191,1	223,9	42,0
		Puerto Octay	10,2	20,5	2,4	2060,9	303,8	77,3	11,3	22,2	2,9	1936,5	298,2	67,9	11,6	22,7	3,3	2009,2	298,8	69,8	11,4	22,5	2,8	1916,7	293,8	67,1	13,1	25,9	4,1	1815,5	293,9	63,0
		Purranque	9,8	18,4	3,3	1675,7	250,0	60,6	10,8	19,8	3,8	1553,5	262,4	53,0	11,2	20,3	4,2	1624,2	263,8	55,9	10,9	19,9	3,8	1534,2	258,1	53,1	12,4	22,9	5,0	1433,1	261,4	47,9
		Puyehue	9,7	20,3	1,9	2036,5	307,0	70,0	10,9	22,0	2,4	1917,0	294,0	62,2	11,2	22,5	2,8	1992,5	296,7	64,6	10,9	22,3	2,3	1894,2	290,9	61,3	12,7	25,8	3,6	1799,1	287,5	57,3
		Rio Negro	10,0	18,9	3,2	1621,4	243,3	56,7	11,0	20,3	3,7	1500,9	256,4	49,6	11,4	20,8	4,1	1574,6	255,9	52,6	11,1	20,5	3,7	1481,0	249,9	49,9	12,7	23,5	4,9	1382,3	252,8	45,3
		San Juan de la Costa	9,8	17,9	3,6	1763,6	264,4	57,5	10,8	19,3	4,1	1649,2	276,0	49,8	11,2	19,8	4,5	1725,6	273,3	52,4	10,9	19,5	4,1	1626,1	268,4	49,2	12,4	22,3	5,3	1533,2	269,1	46,2
	PALENA	San Pablo	11,3	21,7	3,7	1426,4	226,1	49,8	12,3	23,2	4,2	1310,0	239,6	41,8	12,6	23,6	4,6	1389,7	234,7	43,8	12,4	23,4	4,2	1286,7	227,9	40,1	14,0	26,5	5,4	1193,3	230,3	38,9
		Chaiten	7,9	18,7	-0,2	2160,8	297,2	83,2	9,0	20,4	0,5	2023,0	283,8	70,7	9,3	21,2	0,9	2074,7	287,2	71,3	9,0	20,6	0,5	2011,8	283,8	69,4	10,6	24,3	1,8	1909,6	291,9	60,6
		Futaleufu	6,6	18,6	-2,6	1519,2	224,9	50,8	7,7	20,4	-1,9	1393,5	211,3	39,0	8,0	21,2	-1,6	1446,2	215,0	40,7	7,7	20,7	-1,9	1379,3	210,6	33,9	9,4	24,5	-0,6	1287,2	216,7	29,0
		Huailaihue	7,5	18,5	-0,5	1830,2	276,5	68,8	8,6	20,4	0,1	1696,7	271,2	62,1	9,0	21,1	0,5	1751,3	277,2	63,4	8,7	20,7	0,1	1683,7	272,3	61,9	10,4	24,3	1,4	1574,2	280,4	52,0
	Palena	6,7	18,8	-3,0	1517,8	205,4	54,0	7,7	20,5	-2,3	1394,5	197,0	42,6	8,1	21,3	-2,1	1446,3	201,4	44,8	7,8	20,8	-2,2	1378,6	197,5	39,1	9,4	24,5	-1,0	1295,3	205,1	31,6	

12. ANEXO 2

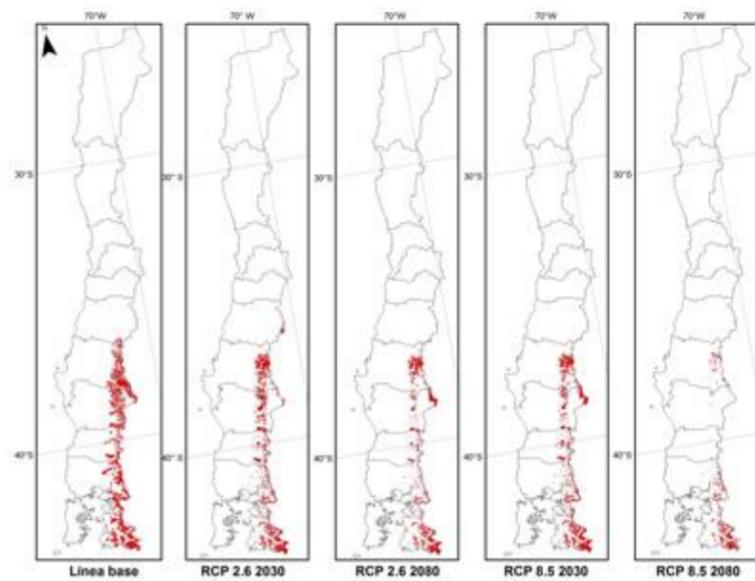
ID 1: Bosque caducifolio mediterráneo andino



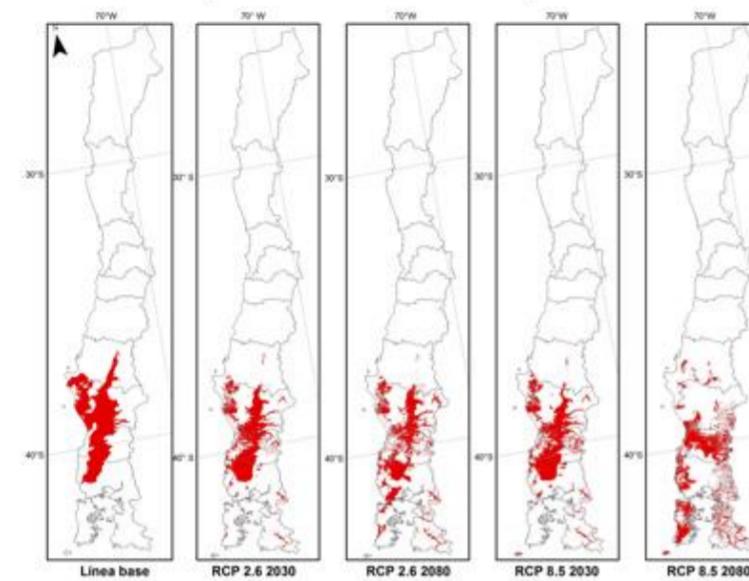
ID 2: Bosque caducifolio mediterráneo costero



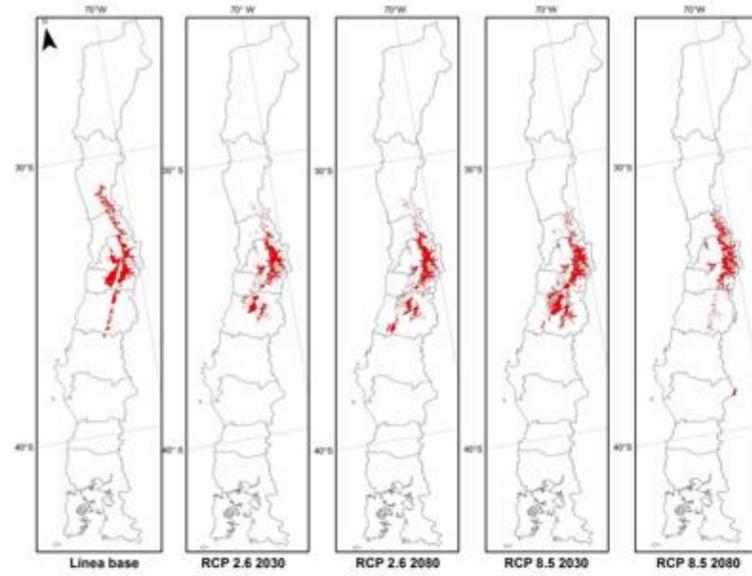
ID 3: Bosque caducifolio templado andino



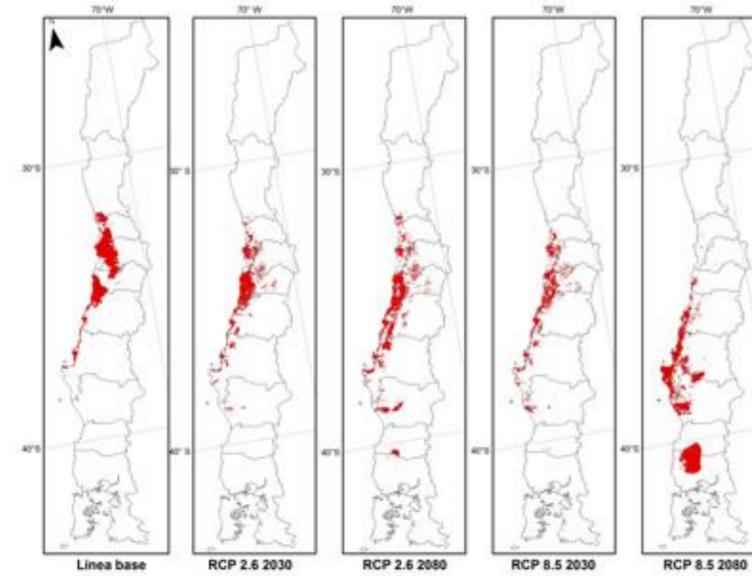
ID 4: Bosque caducifolio templado costero



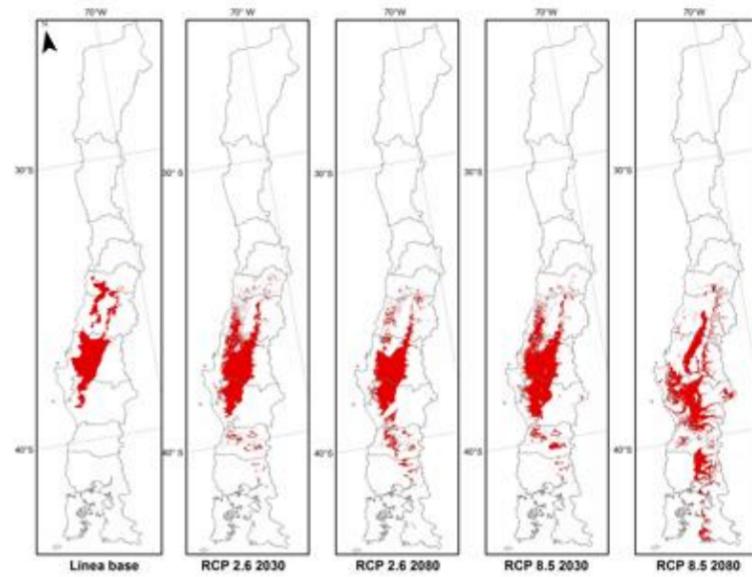
ID 5: Bosque esclerófilo andino



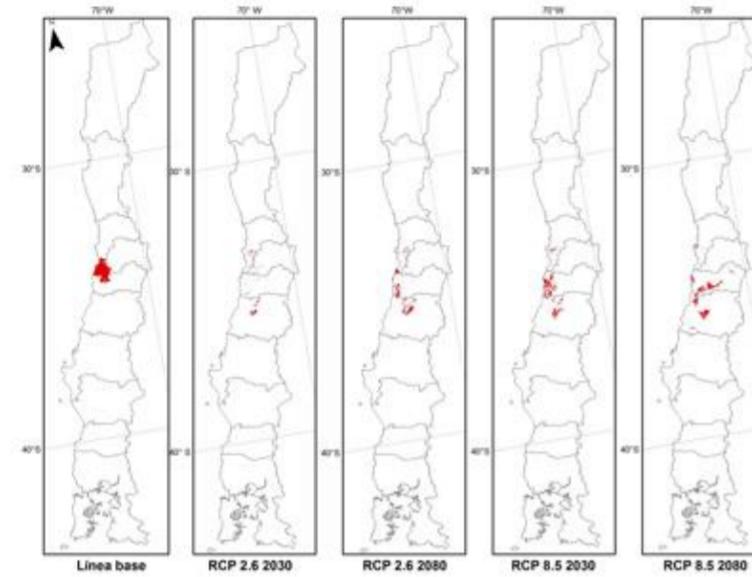
ID 6: Bosque esclerófilo costero



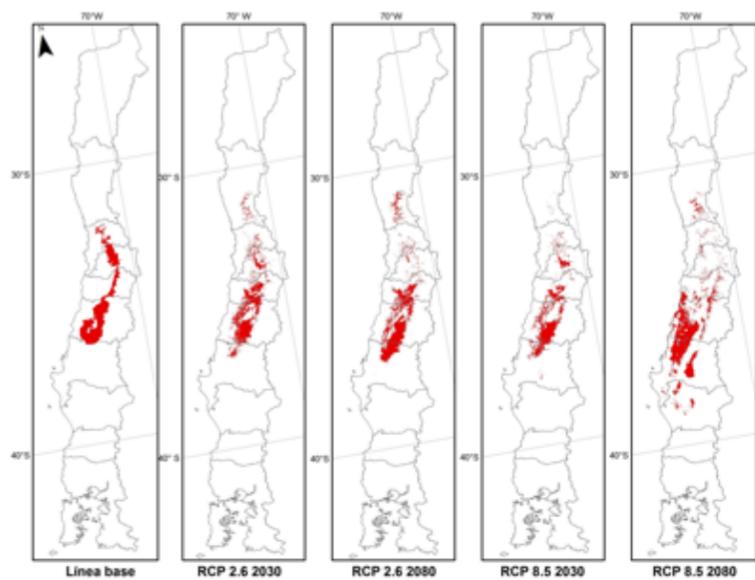
ID 7: Bosque esclerófilo



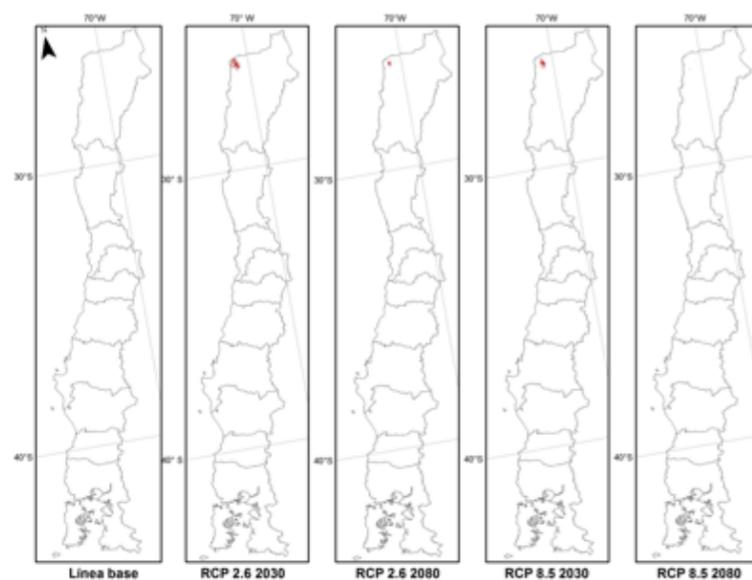
ID 8: Bosque espinoso mediterráneo costero



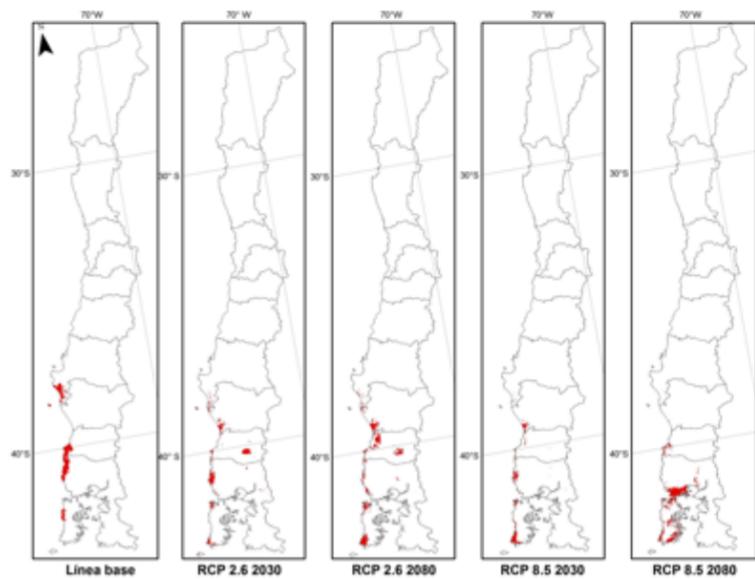
ID 9: Bosque espinoso mediterráneo interior



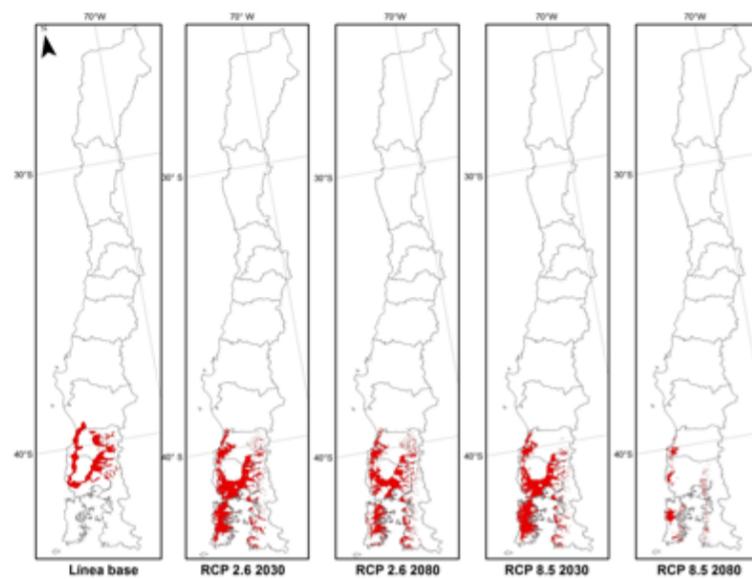
ID 10: Bosque espinoso tropical



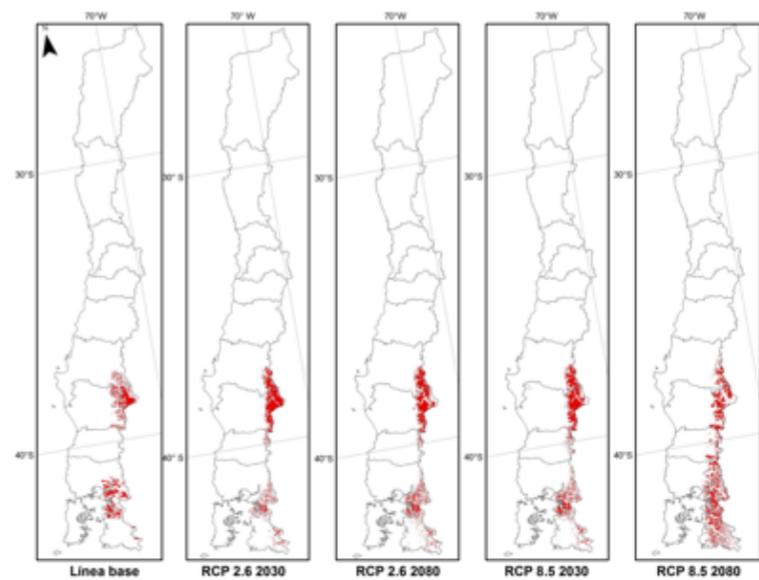
ID 11: Bosque laurifólio costero



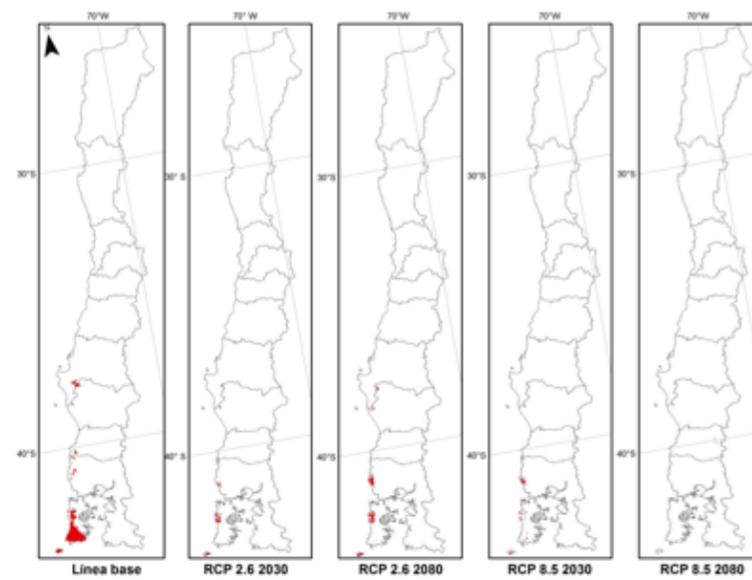
ID 12: Bosque laurifólio interior



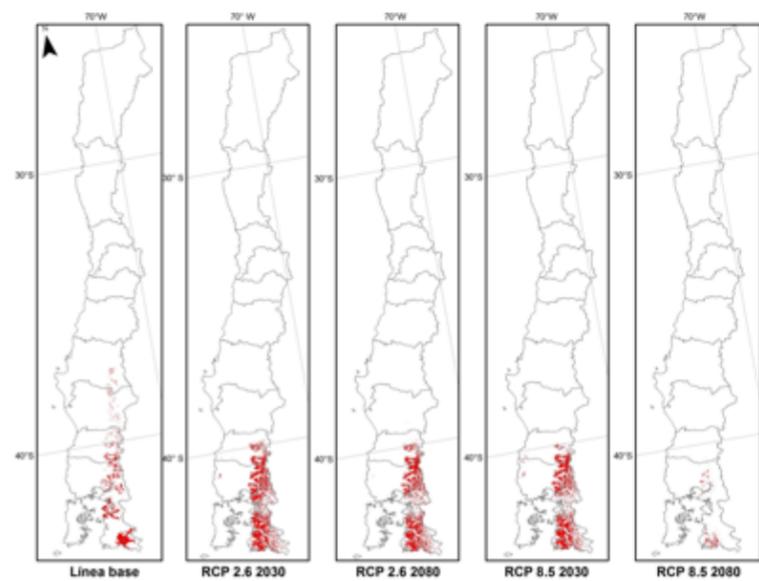
ID 13: Bosque resinoso andino



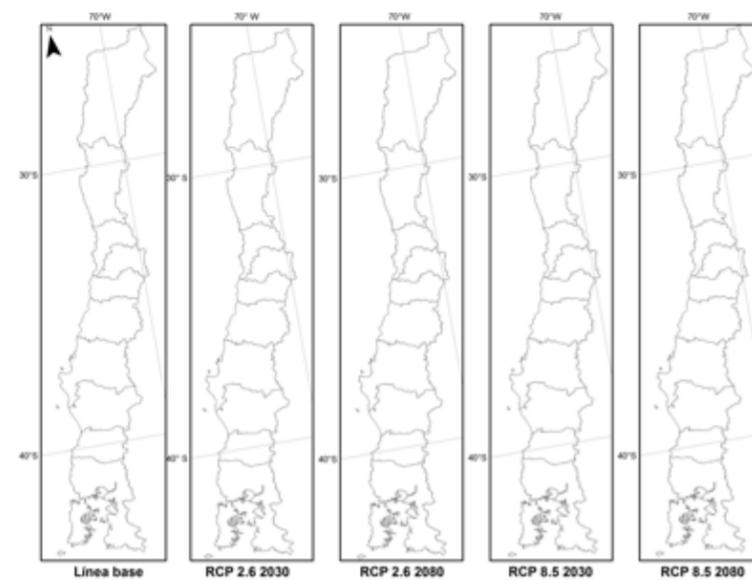
ID 14: Bosque resinoso costero



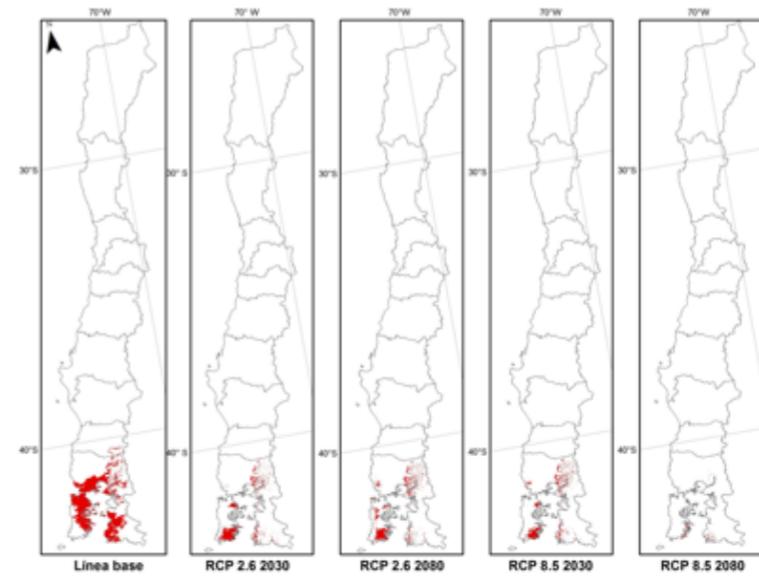
ID 15: Bosque siempreverde andino



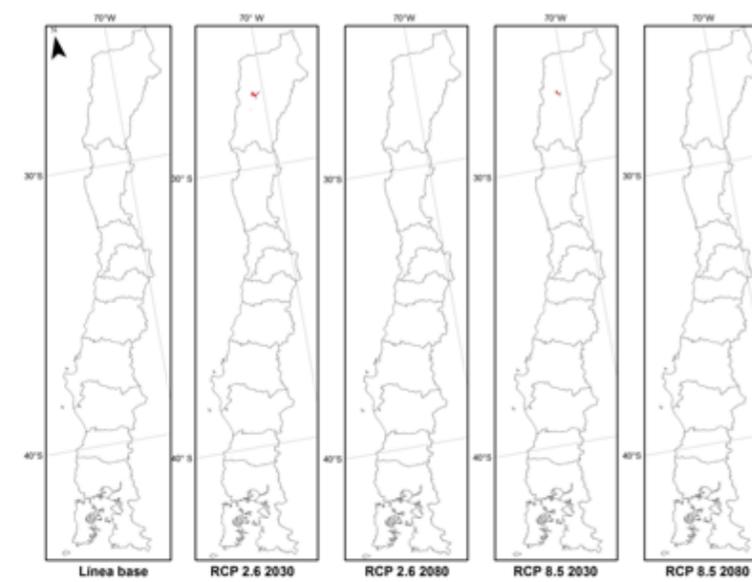
ID 16: Bosque siempreverde costero



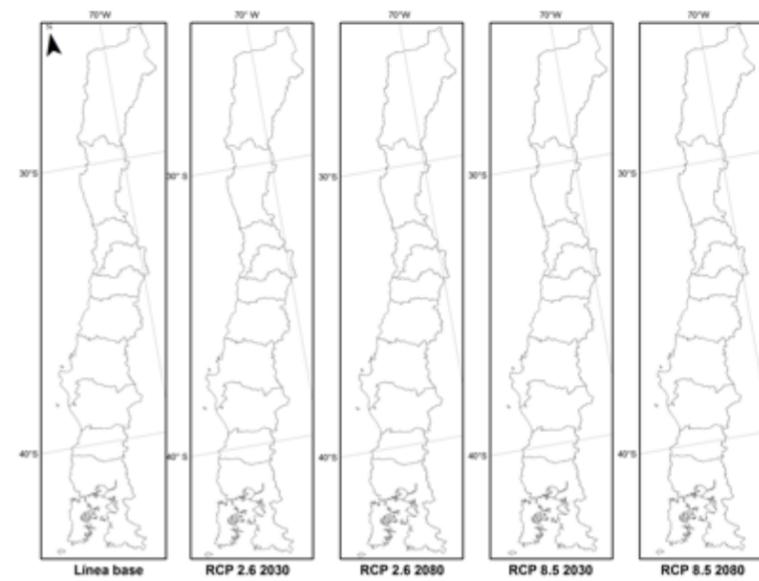
ID 17: Bosque siempreverde interior



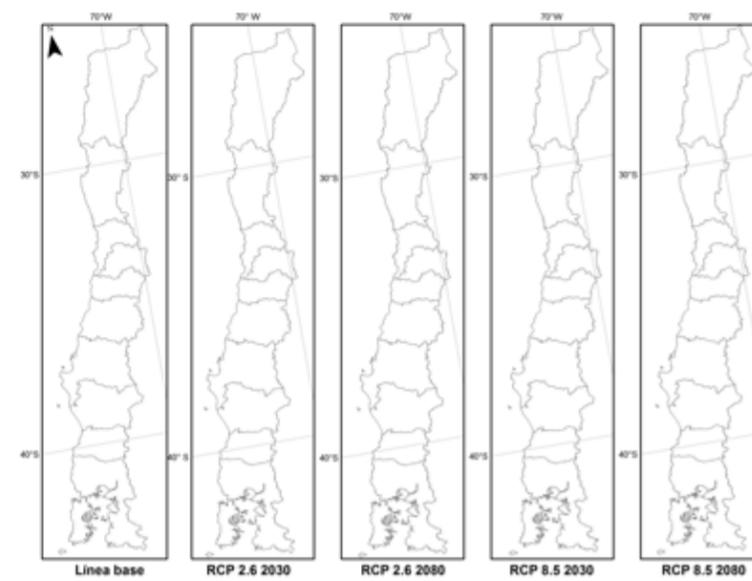
ID 18: Desierto absoluto



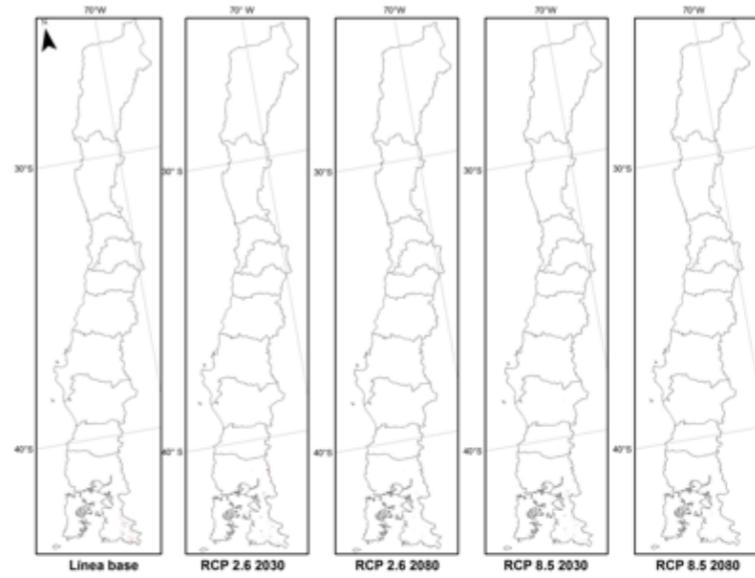
ID 19: Desierto y matorral costero



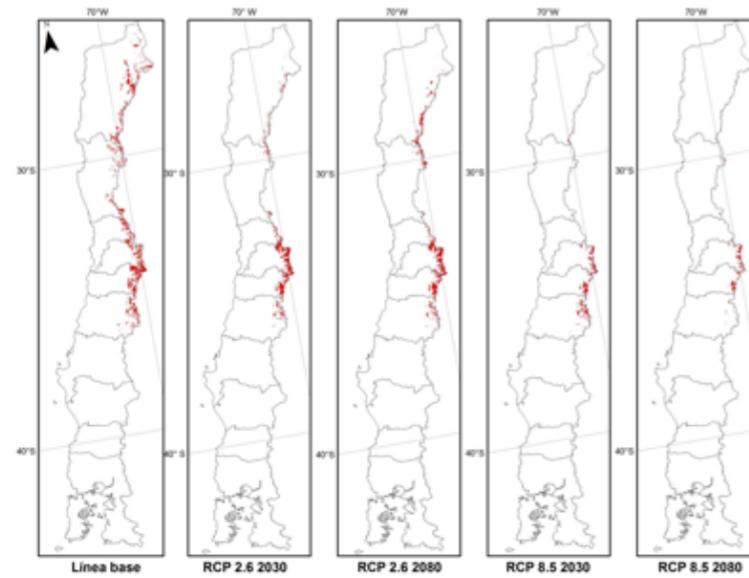
ID 20: Estepas y pastizales



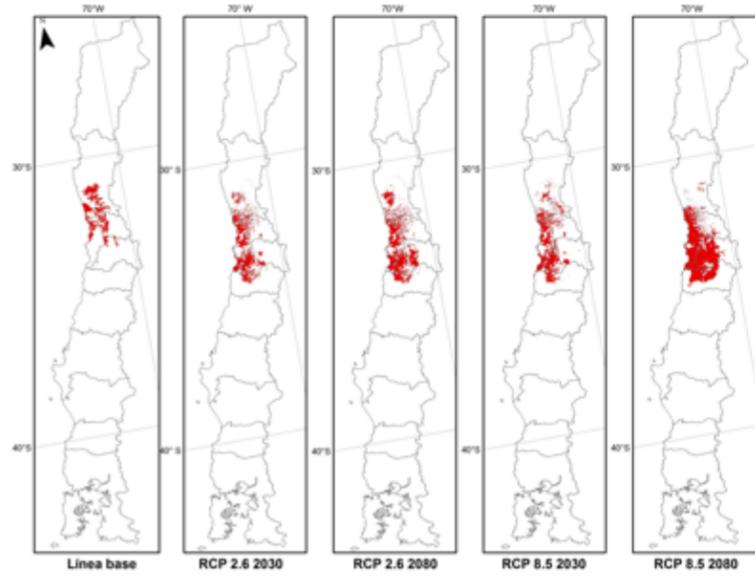
ID 21: Herbazal altoandino templado



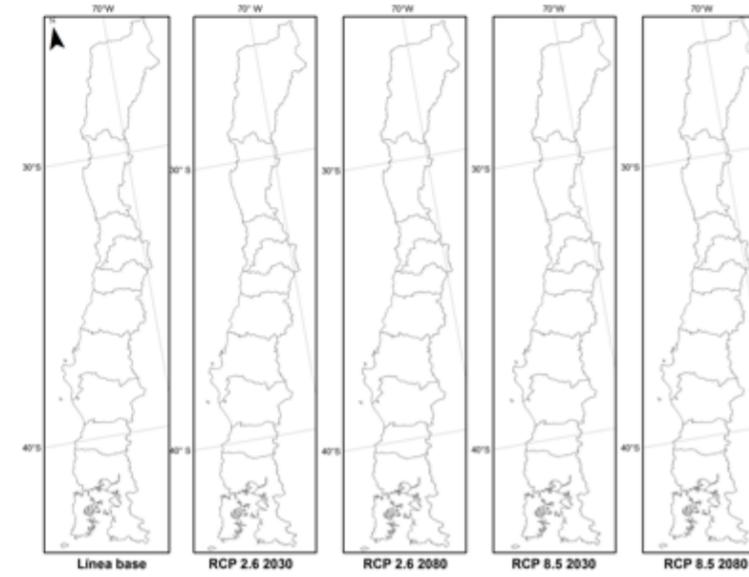
ID 22: Herbazal altoandino tropical mediterráneo



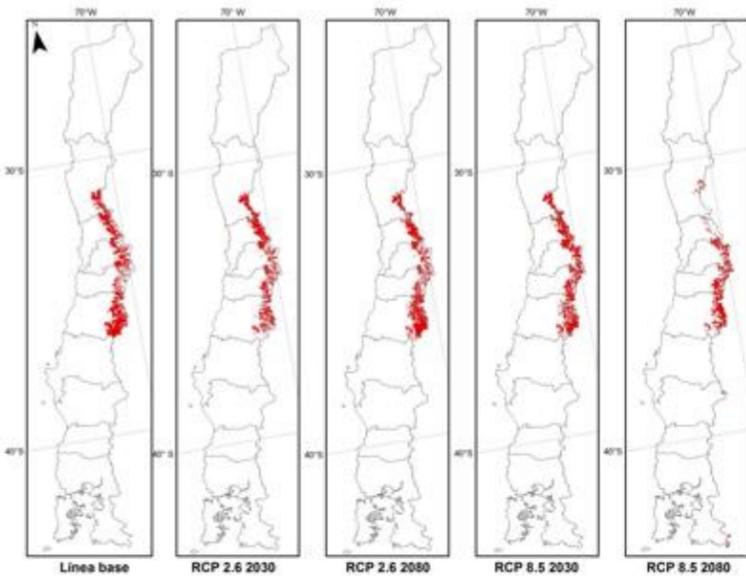
ID 23: Matorral arborecente mediterráneo



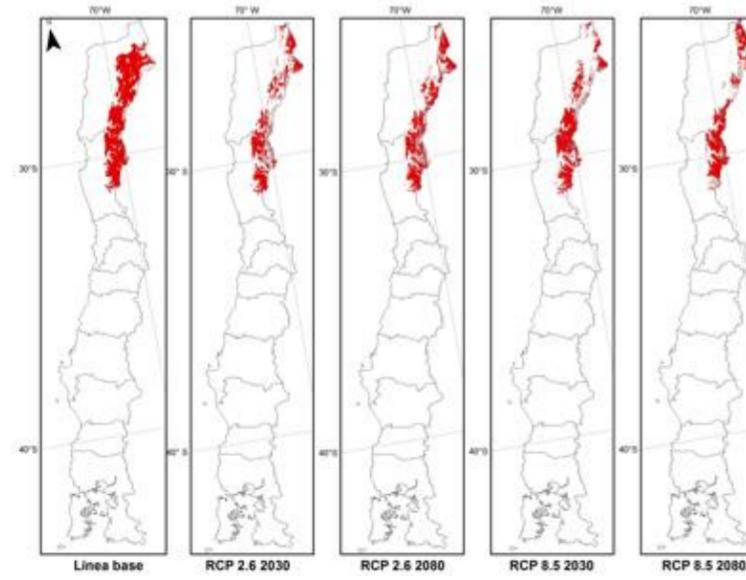
ID 24: Matorral arborecente templado



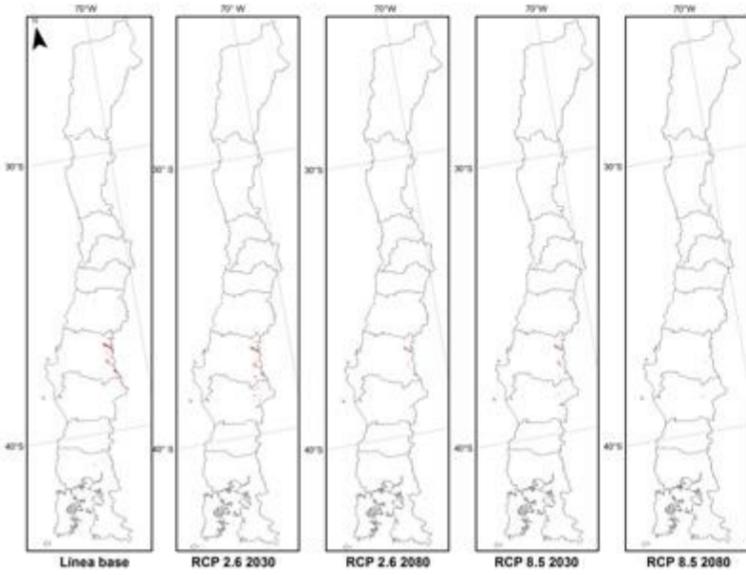
ID 25: Matorral bajo altoandino mediterráneo



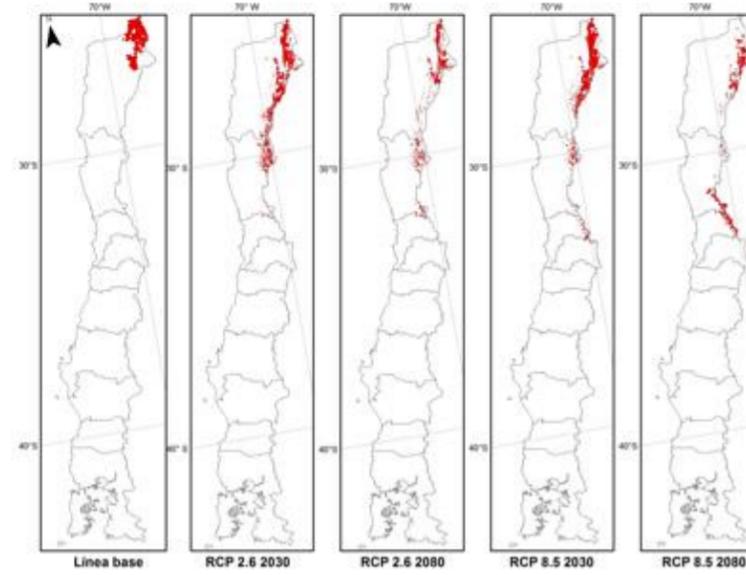
ID 26: Matorral bajo altoandino mediterráneo tropical



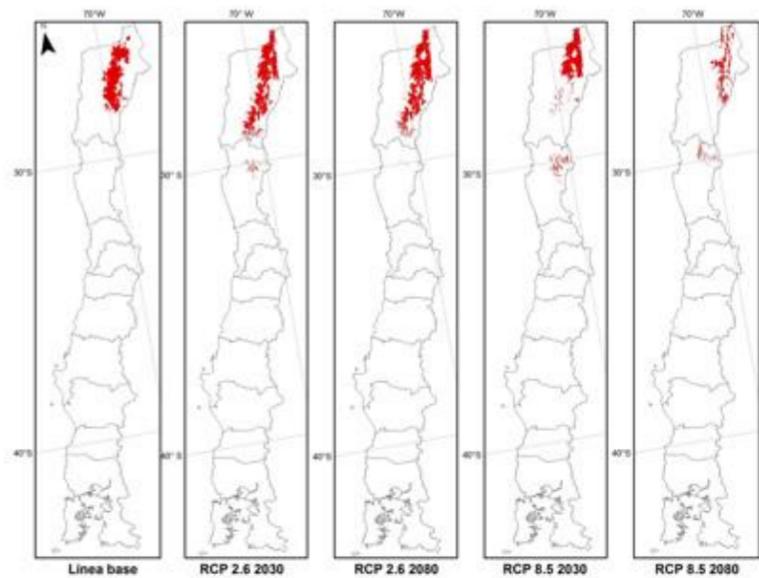
ID 27: Matorral bajo altoandino templado



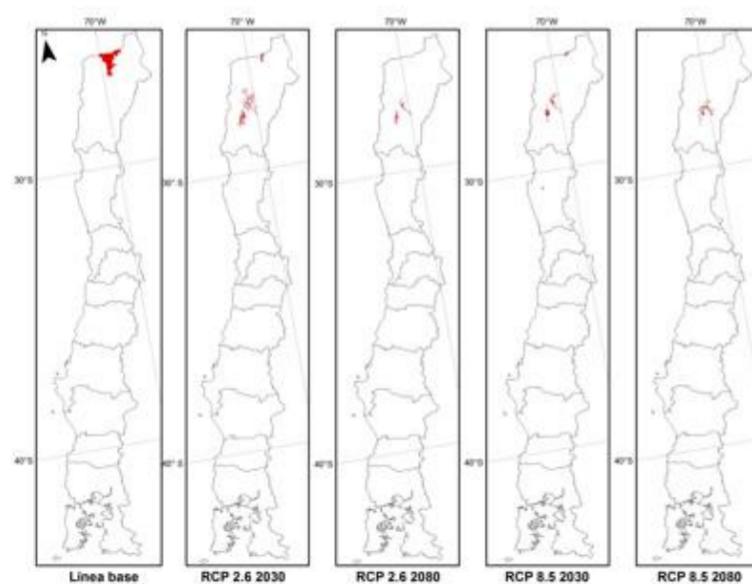
ID 28: Matorral bajo altoandino tropical



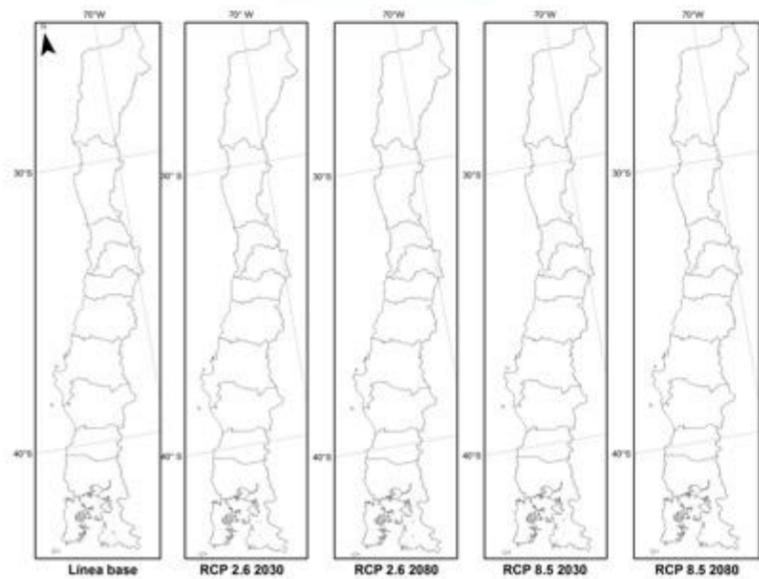
ID 29: Matorral bajo desértico andino



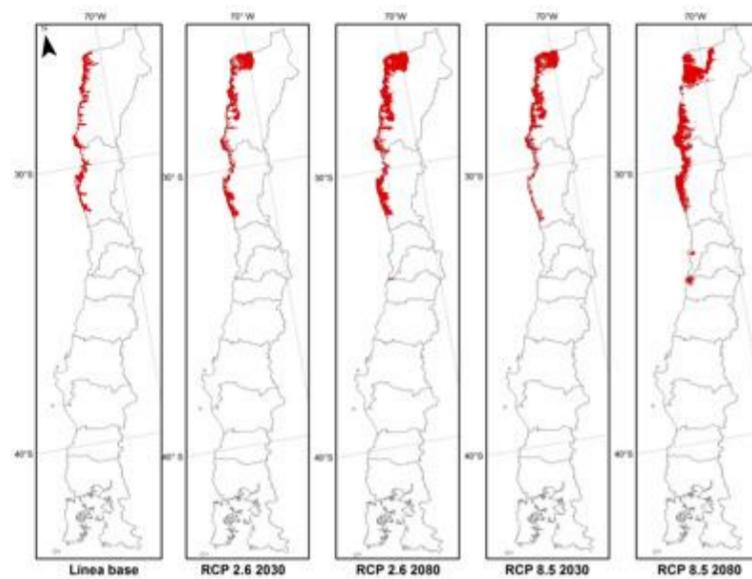
ID 30: Matorral bajo desértico interior



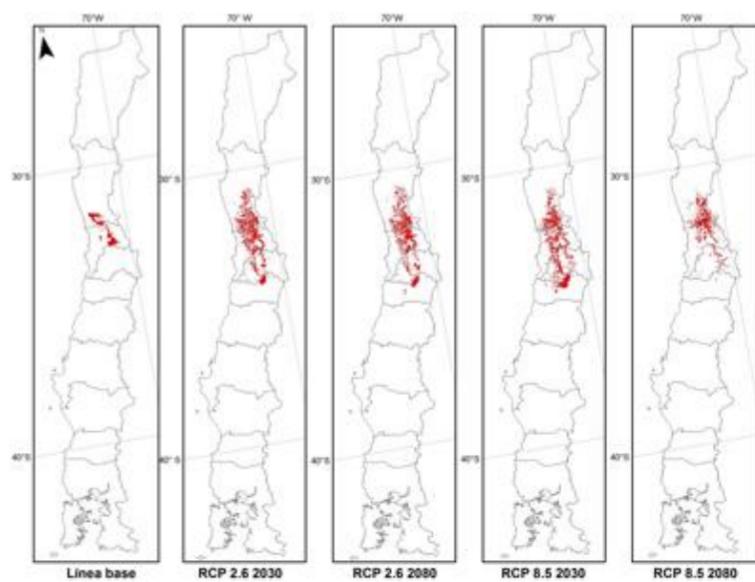
ID 31: Matorral caducifólio



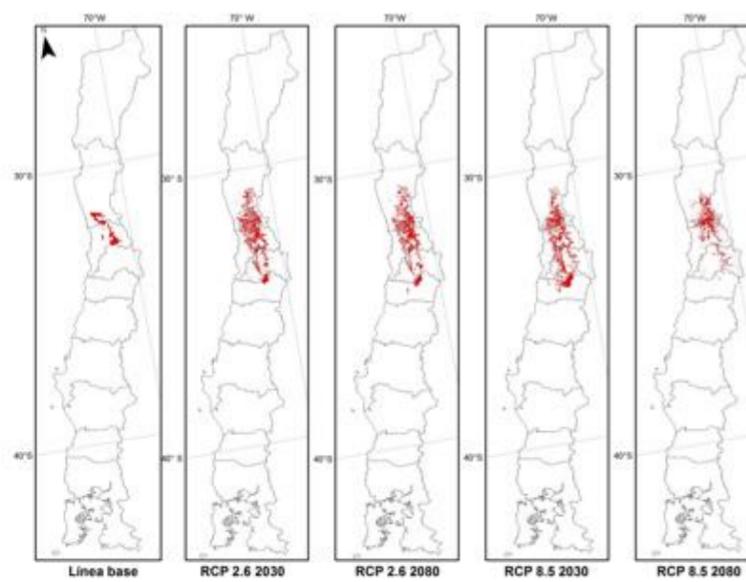
ID 32: Matorral desértico costero



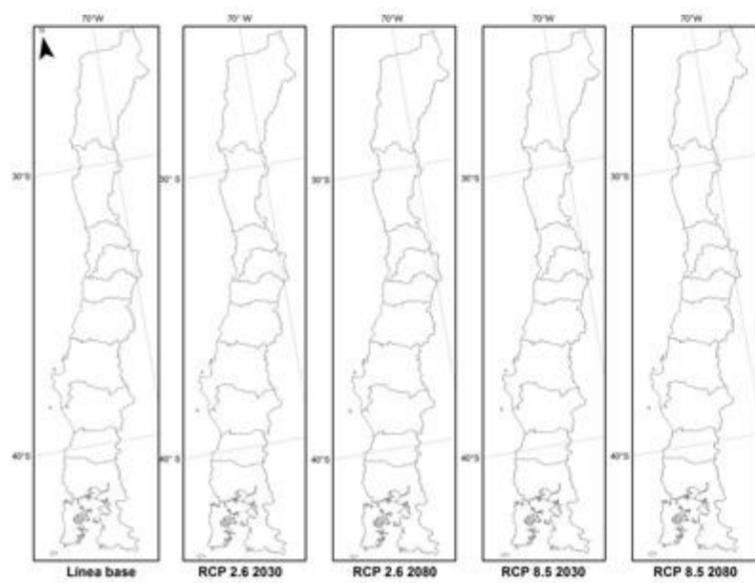
ID 33: Matorral desértico interior



ID 34: Matorral espinoso



ID 35: Matorral siempreverde



ID 36: Turberas

