



Centro UC
Cambio Global

ESCENARIOS CLIMÁTICOS PARA CHILE

EVIDENCIA DESDE EL *SEXTO INFORME DEL IPCC*

ESCENARIOS CLIMÁTICOS PARA CHILE

EVIDENCIA DESDE EL SEXTO INFORME DEL IPCC

PREPARADO POR:

Sebastian Vicuña

Centro de Cambio Global UC
Facultad de Ingeniería

David Morales

Centro de Cambio Global UC

Francisco Meza

Centro de Cambio Global UC
Facultad de Agronomía

Jorge Gironás

Centro de Cambio Global UC
Facultad de Ingeniería

Luis Abdon Cifuentes

Centro de Cambio Global UC
Facultad de Ingeniería

Pablo Marquet

Centro de Cambio Global UC
Facultad de Ciencias Biológicas

Diego González

Centro de Cambio Global UC

Rosario Chubretovic

Centro de Cambio Global UC

Juan Pablo Herane

Centro de Cambio Global UC

Oscar Melo

Centro de Cambio Global UC
Facultad de Agronomía

CÓMO CITAR ESTA PUBLICACIÓN:

Centro de Cambio Global UC (CCG-UC), 2022. Escenarios climáticos para Chile: evidencia desde el Sexto Informe del IPCC. Preparado por Sebastián Vicuña, David Morales-Moraga, Francisco Meza, Jorge Gironás, Luis Cifuentes, Pablo Marquet, Diego González, Rosario Chubretovic, J. Pablo Herane, Oscar Melo.

Contenido

Executive Summary	ii
Resumen Ejecutivo	vii
1. Introducción	1
2. Construcción de escenarios de cambio climático	2
3. Metodología	4
a. Obtención de datos de modelos CMIP5 y CMIP6	4
b. Selección de escenarios	4
c. Definición del alcance espacial y temporal de los análisis	7
d. Método para comparar las proyecciones de los modelos en cada celda de grilla	10
e. Análisis para distintas zonas del país de acuerdo a los escenarios CMIP6	10
f. Análisis del Índice de Aridez	12
4. Resultados	13
a. Cambios proyectados de temperatura, precipitación y evapotranspiración para el cono sur de Sudamérica	13
b. Cambios proyectados de temperatura, precipitación y evapotranspiración para distintas zonas de Chile	18
c. Cambios proyectados en el Índice de Aridez para distintas zonas de Chile	32
5. Discusión y conclusiones	40
6. Referencias	42
7. Anexos	A1
a. Anexo I: Glosario	A1
b. Anexo II. Modelos seleccionados	A2
c. Anexo III. Explicación del test estadístico utilizado para evaluar incertidumbre entre modelos	A6
d. Anexo IV. Resultados de análisis de cambios proyectados regionales	A7
e. Anexo V. Tablas detalle de diagramas de caja	A43
f. Anexo VI. Cambios esperados en IA	A49

Executive Summary

The construction of future climate scenarios is a cornerstone of knowledge and action related to climate change. These scenarios are developed to make reconstructions of past climate, support the understanding of the functioning of the climate system and describe the environmental conditions that generate possible future climates depending on the type of society that we as humanity will develop. The basic tool used to obtain these scenarios corresponds to the Global Climate Models (GCM), which corresponds to simulation models that are based on the fundamental equations that explain the circulation of the atmosphere and oceans and the transfer of mass and heat, with the purpose of representing the planet's climate and its spatial and temporal variations. Each of the Assessment Reports that the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) produces from time to time includes the publication of climate change scenarios, which in some cases has meant the renewal and updating of the GCMs used for their construction.

In August 2021, the 6th Climate Change Assessment Report of the IPCC Working Group I (AR6) was published. Based on new climate change scenarios, this AR6 indicates, among other things, that the level of global warming considered acceptable between 1.5 °C and 2 °C will be exceeded during the 21st century unless carbon dioxide (CO₂) and other greenhouse gases (GHG) emissions are reduced significantly in the coming decades. In the context of this new IPCC report, there is a need to study the effects on the local climate, derived from the new climate change scenarios for Chile, and analyze how these compare with those from the IPCC Fifth Assessment Report (AR5), which have been the basis of works such as the "Atlas de Riesgo Climático" (ARCLIM) or the Adaptation Plans that are currently in operation or design in Chile.

In an effort to provide useful information for different decision makers, from the Centro de Cambio Global UC we have prepared this document that compares the results of AR5 and AR6. In addition, the document also provides additional information regarding the certainties and uncertainties associated with climate change projections in Chile considering the diversity of GHG emission scenarios and the geographic diversity of the results identified.

As an example of some of the results obtained, Figures RE1 to RE3 are presented. Figure RE1 presents the comparison of the projections of precipitation, temperature and potential evapotranspiration (PET) of the models included in AR5 and AR6 at a regional level (southern cone of South America) for two extreme conditions: the optimistic scenario with the lowest level of GHG emissions (referred to as RCP 2.6 and SSP1-2.6 in the two evaluation reports) for a close period (2021-2040) and the pessimistic scenario with the highest level of GHG emissions (referred to as RCP 8.5 and SSP5-8.5) and a long term period (2081-2100). The trends and direction of change between the two evaluation reports showed in the figures are similar at the regional level and for the particular case of Chile. The main trends that can be detected are:

- Regarding precipitation: In the study area there is no common or unique trend. There are areas, such as the Río de la Plata basin, where precipitation tends to increase, and in others such as the center-south of Chile, it tends to decrease. There are areas with a high level of uncertainty regarding the direction of change, such as the northern zone of Chile.
- Regarding temperatures: In the study area, all temperature changes are positive, regardless of the grid cell analyzed with higher rises towards the center of the continent away from the influence of the oceans.
- Regarding potential evapotranspiration (PET): In the entire study area, increases in potential evapotranspiration rates can be seen. These changes tend to be higher in percentage terms in the areas of the Andes Mountain range.

Despite the robustness of the direction of change, there is uncertainty regarding the intensity of the expected change. In general terms, this tends to increase as the emission scenario increases or further into the 21st century. The differences between models also decrease for scenarios with higher emission levels and longer periods.

Focusing on the results for the case of Chile, a division by macrozones makes it possible to identify

a latitudinal and altitudinal pattern of changes, in temperature, precipitation and evapotranspiration:

- Regarding precipitation, in the northern macrozone it is not possible to distinguish a signal of clear change, as there is great dispersion between models. From the north central macrozone to the south macrozone there is a clear signal of reduced precipitation, the greatest intensity of which is found in the central and south central macrozones. In the southern macrozone, precipitation changes very little with little clarity regarding the direction of change. The areas below 1,000 m.a.s.l. present greater severity in the decrease of precipitations with respect to the zones above this elevation.
- Regarding temperatures, the pattern indicates, in general terms, greater increases in high areas and away from the ocean (eg, high area in the northern macrozone). The high areas report greater increases in these changes compared to the low areas. Moving in southerly direction, the dispersion of the models decreases.
- Regarding potential evapotranspiration (variable mainly affected by changes in temperature), the changes show a very consistent increase in levels for all the scenarios, periods and macrozones studied. The effect is especially important in the mountain high areas.

The results of precipitation and evapotranspiration (associated with temperature) can be integrated into a single index that generates 6 aridity categories depending mainly on the relationship between precipitation and potential evapotranspiration. Figures RE2 to RE3 present the expected changes in these aridity categories for the two extreme scenarios already proposed. It can be seen that, except for the scenario with the lowest emission level and for an early period, practically all the models indicate that there are areas of the country that will become more arid. The expected changes imply an increase in the border of the hyper-arid zone extending towards the mountain range and towards the south. The arid and semi-arid zone also extends to the south of the country. In the most extreme case (SSP5-8.5 and period 2081-2100) around 180,000 km² of the territory could become more arid (that is, an area equivalent to a quarter of the country's surface). In this scenario, the central macrozone of the country (Valparaíso and Metropolitan Región) move from a semi-arid to an arid climate. In this same scenario, the south central macrozone (up to the Biobío region) moves from a humid to a dry and semi-arid sub-humid climate. The northern macrozone is the only place in the country where there may be a decrease in the aridity categories. At the country level, it can be stated almost with certainty that there would be an aridification of the country in the future, except in the scenario of lower emissions where there are some models that show or a very slight change or decrease in aridification. For the rest of the cases, aridification increases especially for the scenarios with the highest level of emissions and more distant time periods.

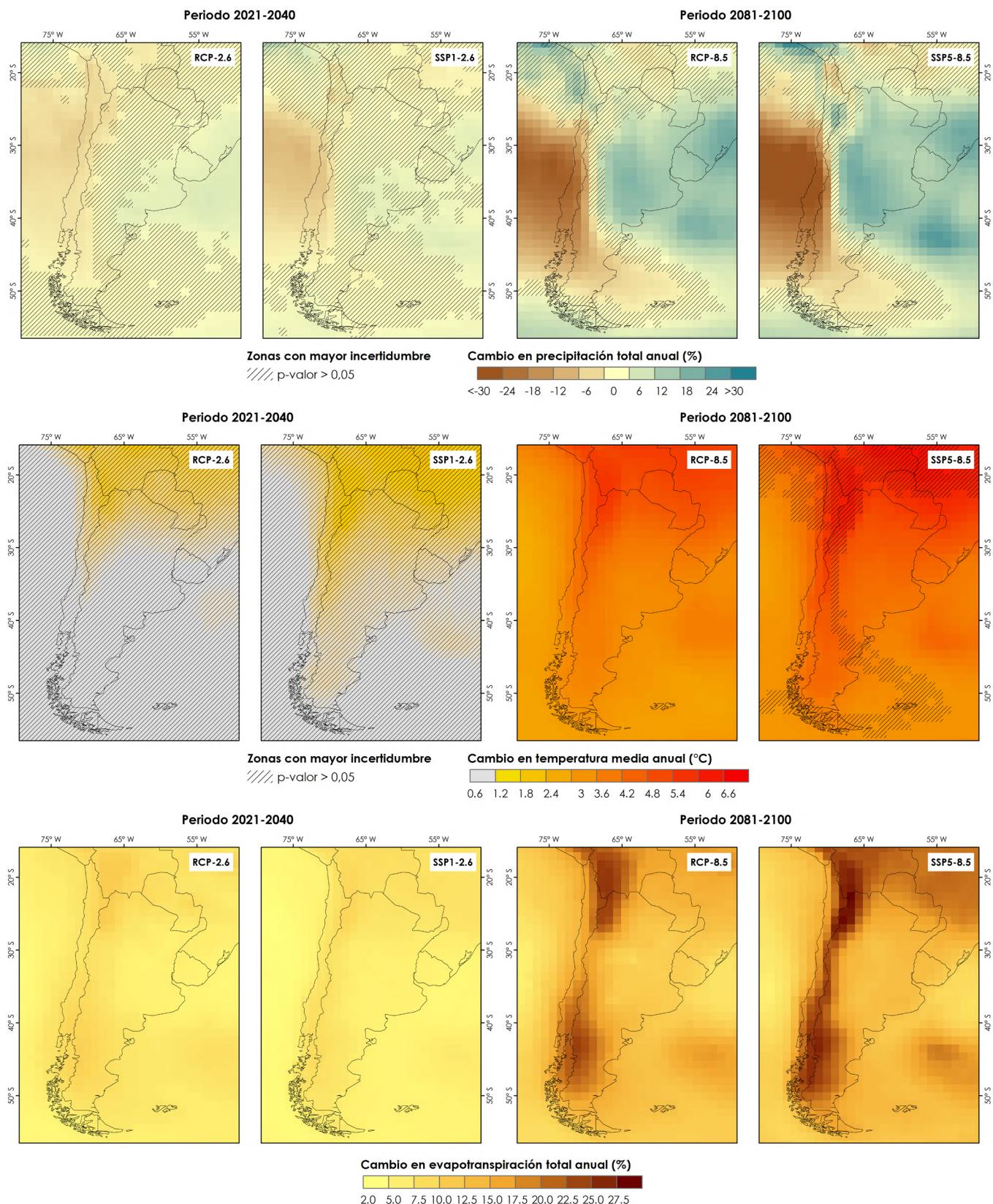


Figure RE1. Changes in temperature ($^{\circ}\text{C}$) and percentages in precipitation and potential evapotranspiration for the average of the projections of models used in CMIP5 and CMIP6 that consider radiative forcing of 2.6 and 8.5 W/m^2 , in two periods (2021-2040 and 2081-2100).

Source: Self made.

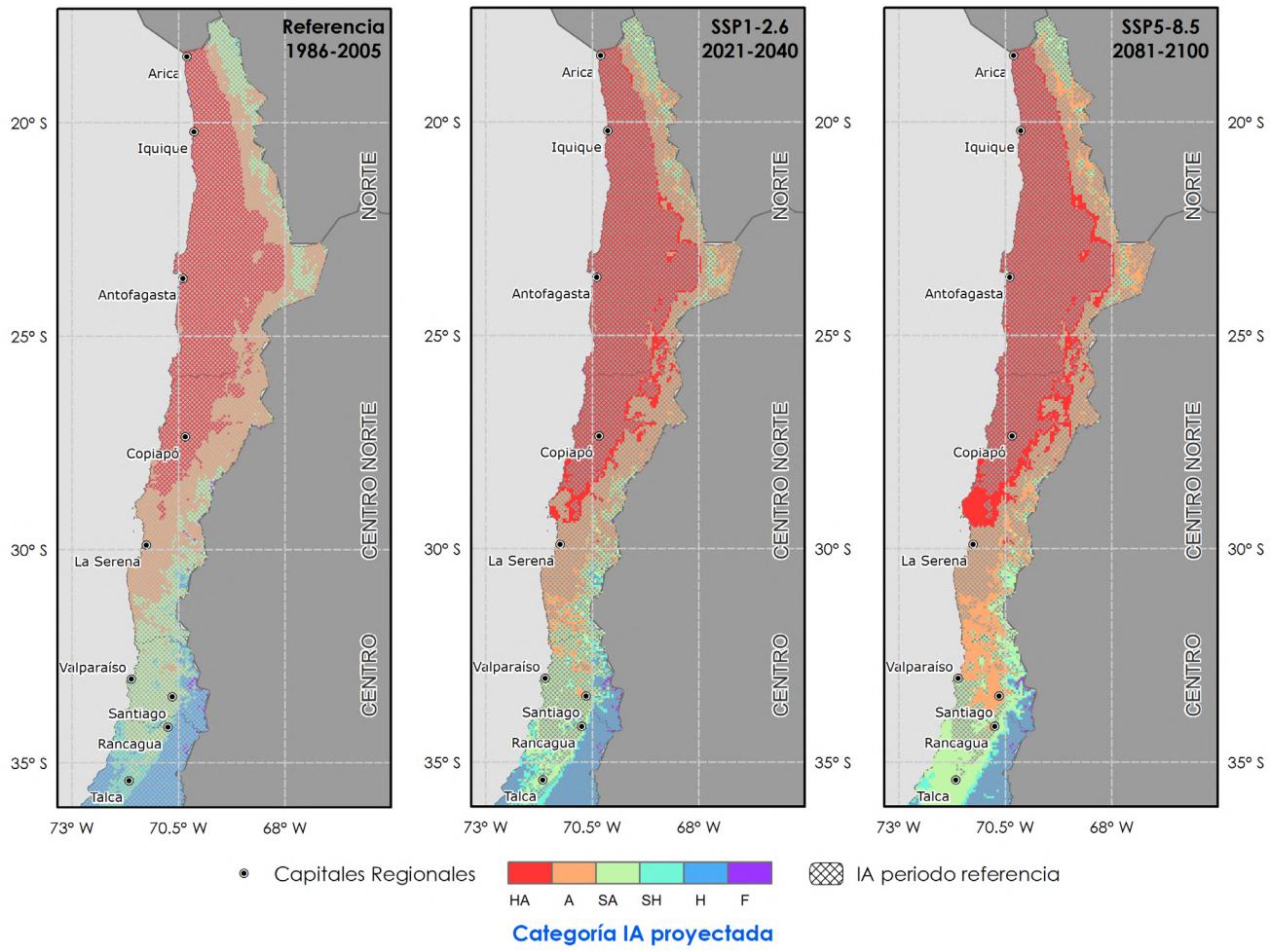


Figure RE2. Transitions of the Aridity Index with respect to the reference period 1986-2005 for the SSP1-2.6 scenario in the 2021-2040 period and the SSP5-8.5 scenario in the 2081-2100 period, for the North, North Center and Center macrozones.

Source: Self made.

Note 1: The historical situation is presented in the left panel. The panels on the right show those areas that pass into a more arid category of the Aridity Index.

Note 2: HA: Hyperarid, A: Arid, SA: Semiarid, SH: Dry Subhumid, H: Humid, F: Cold.

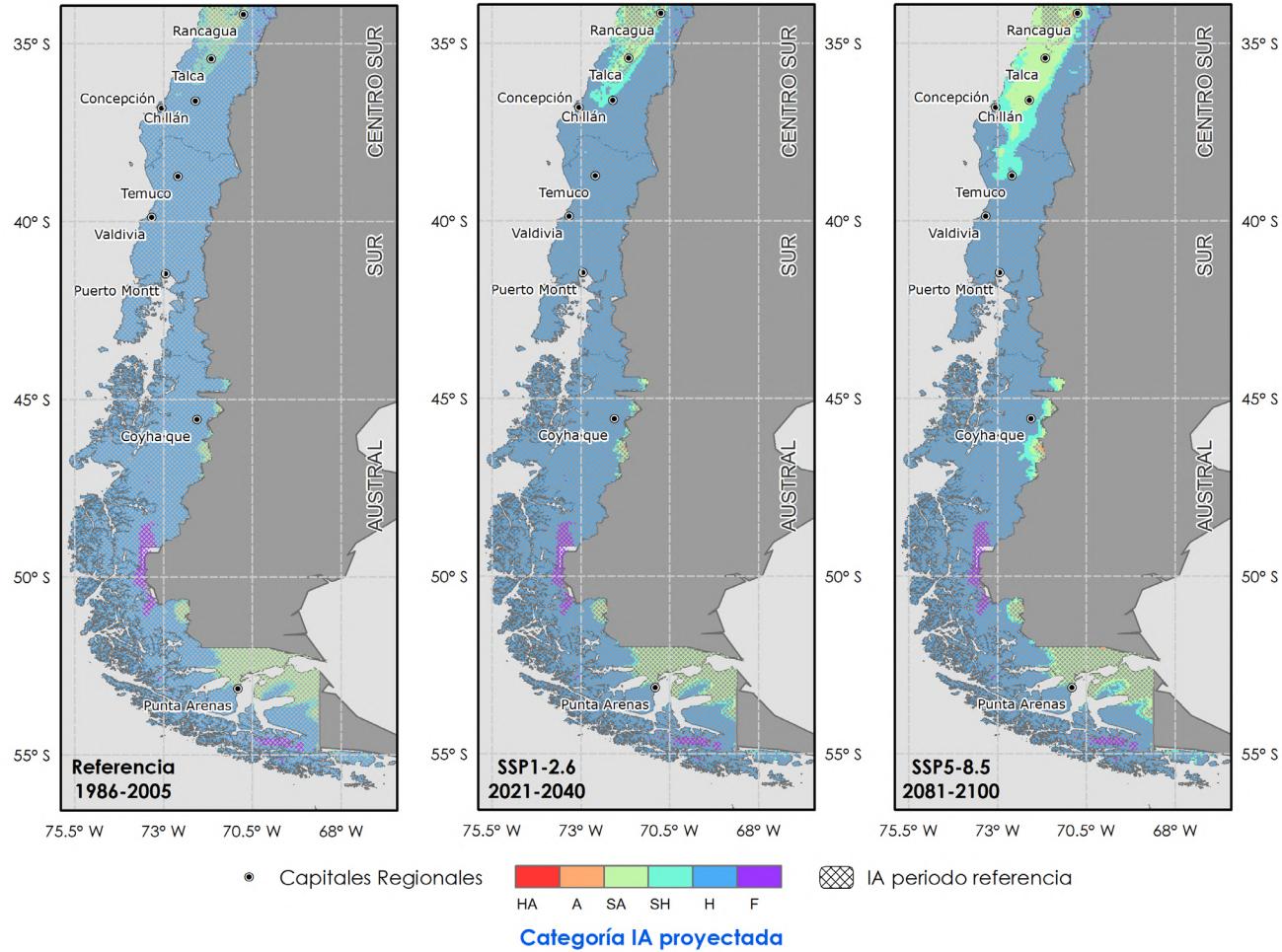


Figure RE3. Transitions of the Aridity Index with respect to the reference period 1986-2005 for the SSP1-2.6 scenario in the 2021-2040 period and the SSP5-8.5 scenario in the 2081-2100 period, for the South Central, South and Austral macrozones.

Source: Self made.

Note 1: The historical situation is presented in the left panel. The panels on the right show those areas that pass into a more arid category of the IA.

Note 2: HA: Hyperarid, A: Arid, SA: Semi-arid, SH: Dry Subhumid, H: Humid, F: Cold.

Resumen Ejecutivo

La construcción de escenarios de clima futuro es una pieza fundamental del conocimiento y la acción relacionada con el cambio climático. Estos escenarios se desarrollan para hacer reconstrucciones del clima del pasado, apoyar el entendimiento del funcionamiento del sistema climático y describir las condiciones ambientales que generan posibles climas del futuro dependiendo del tipo de sociedad que como humanidad vamos desarrollando. La herramienta de base que se utiliza para obtener estos escenarios corresponden a los modelos de clima global (GCM), que corresponde a modelos de simulación que toman como base las ecuaciones fundamentales que explican la circulación de atmósfera y océanos y la transferencia de masa y calor, con el propósito de representar el clima del planeta y sus variaciones espaciales y temporales. Cada una de los Informes de Evaluación que el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) produce cada cierto tiempo incluye la publicación de escenarios de cambio climático, que en algunos casos ha significado la renovación y actualización de los GCM que se usan para su construcción.

En agosto de 2021 se publicó el 6to Informe de Evaluación del Cambio Climático del Grupo de Trabajo I del IPCC (AR6). Este AR6 basándose en nuevos escenarios de cambio climático indica, entre otras cosas, que el nivel de calentamiento global considerado aceptable entre 1,5 °C y 2 °C se superará durante el siglo XXI a menos que las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de efecto invernadero (GEI) se reduzcan en forma importante en las próximas décadas. En el contexto de este nuevo informe del IPCC surge la necesidad de estudiar los efectos en el clima local, derivados de los nuevos escenarios de cambio climático para Chile, y analizar cómo estos se comparan con los provenientes del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5), los cuales han sido la base de trabajos como el Atlas de Riesgo Climático (ARCLIM) o los planes de adaptación que actualmente están en operación o diseño en Chile.

En un esfuerzo por entregar información de utilidad para distintos tomadores de decisión, desde el Centro de Cambio Global UC hemos preparado este documento que compara los resultados del AR5 y del AR6. Además, el documento entrega también información adicional respecto de las certezas e incertidumbres asociadas a las proyecciones de cambio climático en Chile considerando la diversidad de escenarios de emisión de GEI y la diversidad geográfica de los resultados identificados.

A modo de ejemplo de algunos de los resultados obtenidos se presentan las Figuras RE1 a RE3. La Figura RE1 presenta la comparación de las proyecciones de los modelos incluidos en AR5 y AR6, en precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial (ETP) a nivel regional (cono sur de Sudamérica) para dos condiciones extremas: el escenario optimista con el menor nivel de emisión de GEI (denominados RCP 2.6 y SSP1-2.6 en los dos informes de evaluación) para un periodo cercano (2021-2040) y el escenario pesimista con el mayor nivel de emisión de GEI (denominados RCP 8.5 y SSP5-8.5) para un periodo lejano (2081-2100). Se aprecia en esta figura que las tendencias y sentido de cambio entre los dos informes de evaluación son similares a nivel regional y para el caso particular de Chile. Las principales tendencias que se pueden detectar son:

- Respecto de las precipitaciones: En el área estudiada no existe una tendencia común o única. Existen zonas, como por ejemplo la cuenca del Río de la Plata, en donde la precipitación tiende a aumentar y en otras, como por ejemplo el centro sur de Chile, tiende a disminuir. Existen zonas con alto nivel de incertidumbre del sentido de cambio como por ejemplo la zona norte de Chile.
- Respecto de las temperaturas: En el área estudiada todos los cambios de temperatura son positivos, independiente de la celda de grilla analizada con alzas mayores hacia el centro del continente alejándose de la influencia de los océanos.
- Respecto de la evapotranspiración potencial: En toda el área estudiada se aprecian aumentos en las tasas de evapotranspiración potencial. Estos cambios tienden a ser porcentualmente mayores en las zonas de la cordillera de Los Andes.

Pese a la robustez del sentido de cambio, existe incertidumbre respecto de la intensidad del cambio esperado. En términos generales este tiende a aumentar mientras mayor el escenario de emisión o más lejos en el siglo XXI. Las diferencias entre modelos disminuyen también para escenarios con mayores niveles de emisión y periodos más lejanos.

Concentrándose en los resultados para el caso de Chile, una división por macrozonas permite identificar un patrón latitudinal y altitudinal de los cambios, tanto en temperatura como en precipitación y evapotranspiración:

- Respecto de las precipitaciones, en la macrozona norte no es posible distinguir una señal de cambio claro existiendo gran dispersión entre modelos. A partir de la macrozona centro norte hasta la macrozona sur existe una clara señal de reducción de precipitaciones cuya mayor intensidad se encuentra en las Macrozonas centro y centro sur. En la macrozona austral las precipitaciones tienen cambios muy bajos con poca claridad respecto de la dirección de cambio. Las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. presentan mayor severidad en la disminución de las precipitaciones respecto las zonas sobre esta elevación.
- Respecto de las temperaturas, el patrón indica en términos generales mayores aumentos en zonas altas y alejadas del océano (ej. zona alta en macrozona norte). Las zonas altas reportan incrementos mayores en estos cambios respecto de las zonas bajas. A medida que se avanza hacia el sur, la dispersión de los modelos disminuye.
- Respecto de la evapotranspiración potencial (variable principalmente afectada por cambios en temperatura) los cambios muestran de manera muy consistente un aumento en los niveles para todos los escenarios, períodos y macrozonas estudiadas. El efecto es especialmente importante en las zonas altas en cordillera.

Los resultados de precipitación y evapotranspiración (asociado a temperatura) se pueden integrar en un único índice que genera 6 categorías de aridez dependiendo principalmente de la relación existente entre precipitación y evapotranspiración potencial. Las Figuras RE2 a RE3 presentan los cambios esperados en estas categorías de aridez para los dos escenarios extremos ya planteados. Se puede apreciar que, salvo el escenario de menor nivel de emisión y para un periodo temprano, prácticamente todos los modelos indican que existen zonas del país que se volverán más áridas. Los cambios esperados implican un aumento de la frontera de la zona hiperárida extendiéndose hacia la cordillera y hacia el sur. La zona árida y semiárida también se extiende hacia el sur del país. En el caso más extremo (SSP5-8.5 y período 2081-2100) en torno a 180.000 km² del territorio podrían volverse más áridos (es decir, una superficie equivalente a un cuarto de la superficie del país). En este escenario la macrozona Central del país (regiones de Valparaíso y Metropolitana) pasan de tener un clima semiárido a un clima árido. En este mismo escenario la macrozona centro sur (hasta la región del Biobío) pasa de tener un clima húmedo a un clima subhúmedo seco y semiárido. La macrozona norte es el único lugar del país donde puede haber una disminución en las categorías de aridez. A nivel país se puede afirmar casi con certeza que existiría una aridificación del país en el futuro salvo en el escenario de menor emisiones donde existen algunos modelos que muestran o un cambio muy leve o una disminución en la aridificación. Para el resto de los casos la aridificación aumenta especialmente para los escenarios de mayor nivel de emisiones y períodos de tiempo más lejanos.

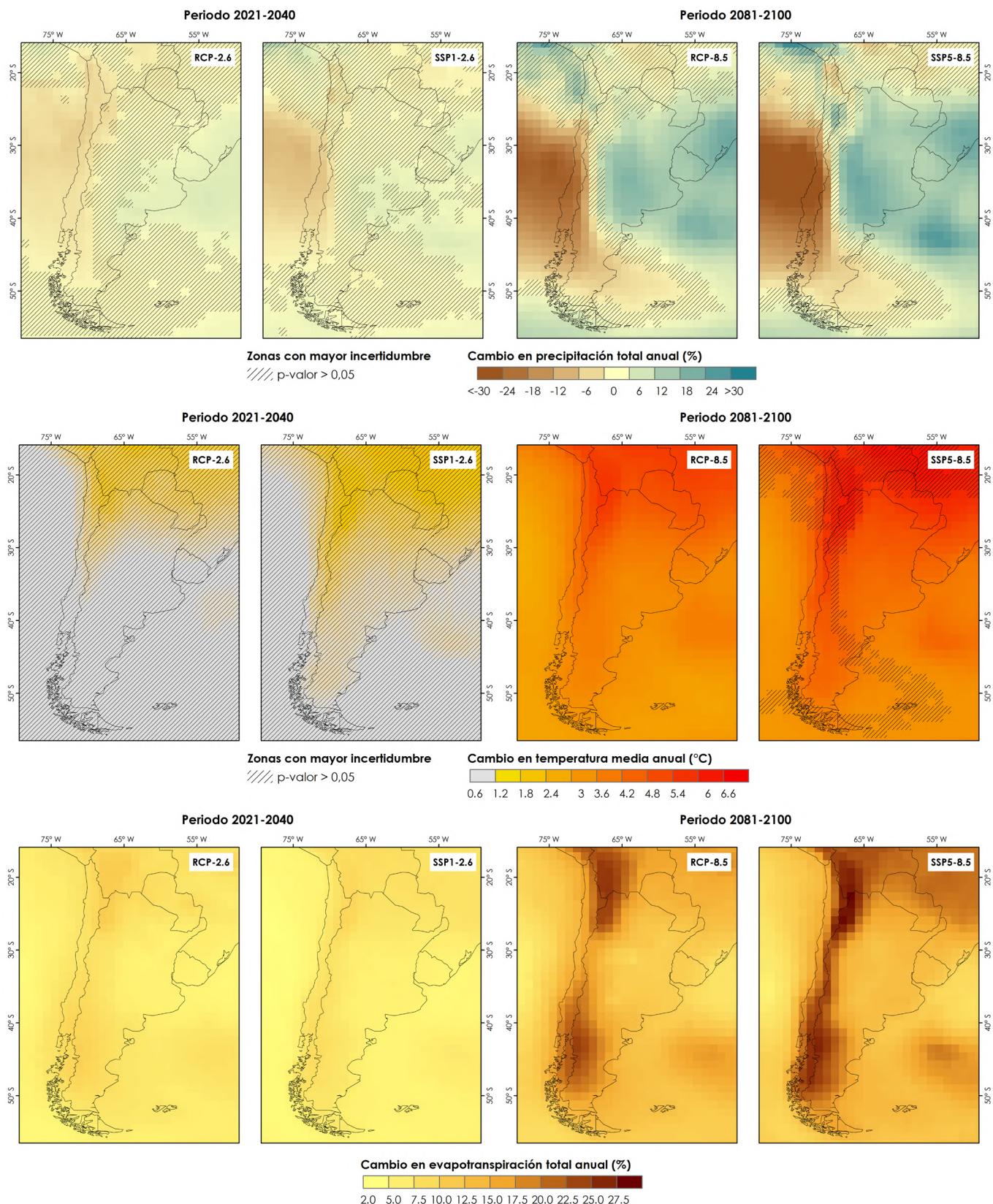


Figura RE1. Cambios en temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y porcentuales en precipitación y evapotranspiración potencial para el promedio de las proyecciones de modelos utilizados en CMIP5 y CMIP6 que consideran forzamiento radiativo de 2,6 y 8,5 W/m^2 , en dos períodos (2021-2040 y 2081-2100).

Fuente: Elaboración propia.

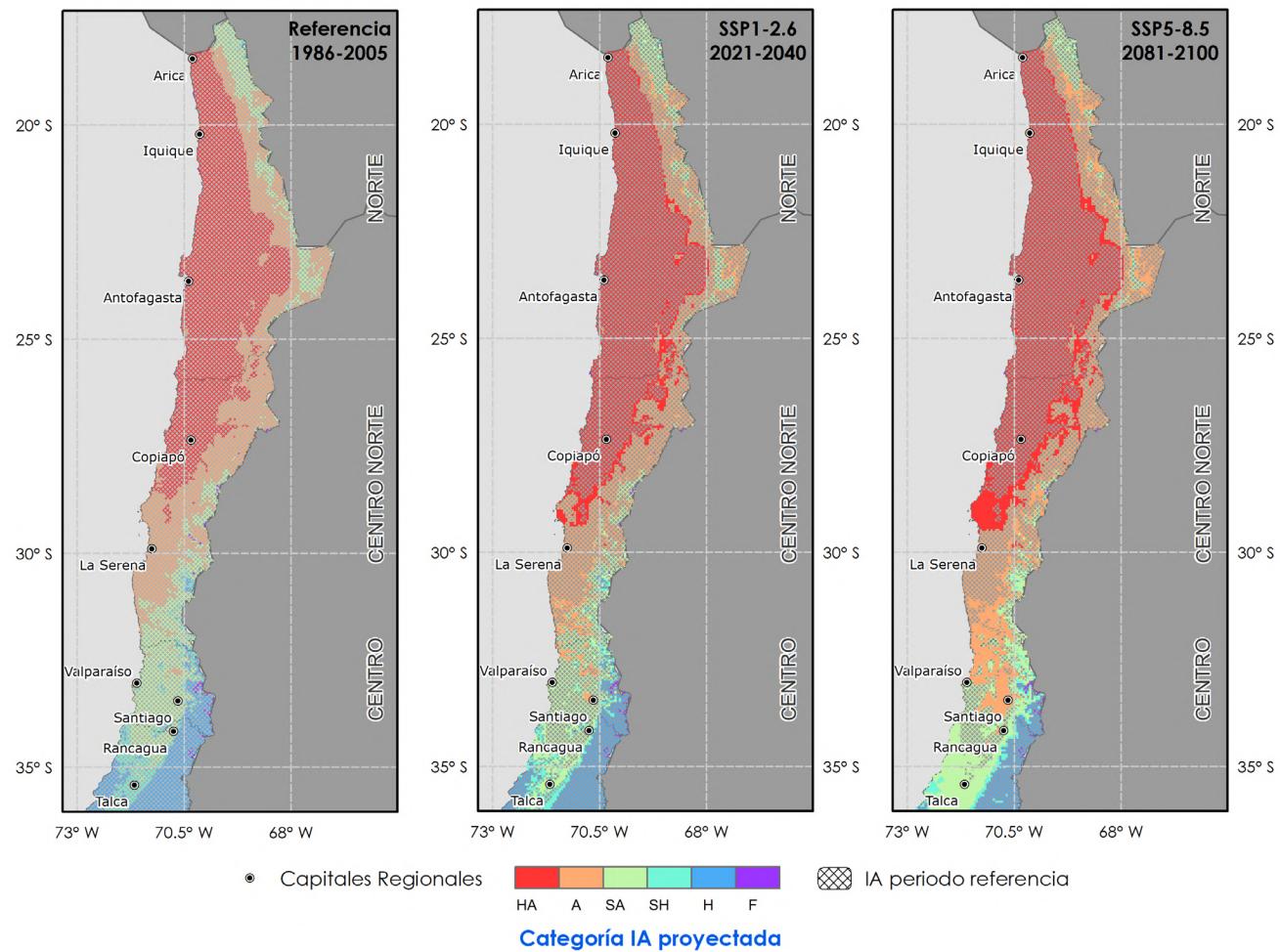


Figura RE2. Transiciones del Índice de Aridez respecto del periodo de referencia 1986-2005 para el escenario SSP1-2.6 en periodo 2021-2040 y escenario SSP5-8.5 en período 2081-2100, para las macrozonas Norte, Centro Norte y Centro.

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: Se presenta en el panel de la izquierda la situación histórica. Se presentan en los paneles de la derecha aquellas zonas que pasan a una categoría más árida del IA.

Nota 2: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

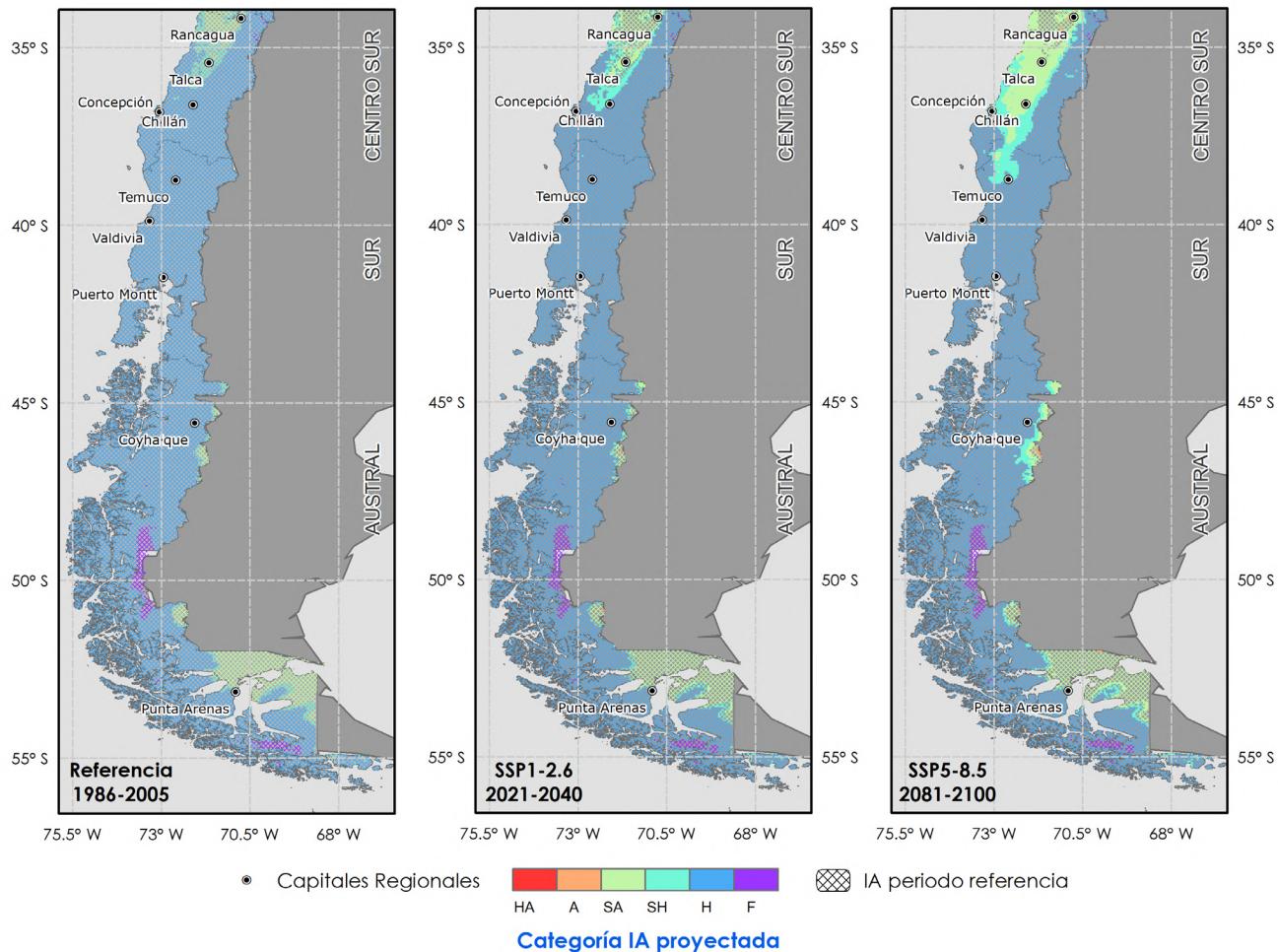


Figura RE3. Transiciones del Índice de Aridez respecto del periodo de referencia 1986-2005 para el escenario SSP1-2.6 en periodo 2021-2014 y escenario SSP5-8.5 en período 2081-2100, para las macrozonas Centro Sur, Sur y Austral.

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: Se presenta en el panel de la izquierda la situación histórica. Se presenta en los paneles de la derecha aquellas zonas que pasan a una categoría más árida del IA.

Nota 2: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

1. Introducción

En agosto de 2021 se publicó el 6to Informe de Evaluación del Cambio Climático del Grupo de Trabajo I del IPCC (AR6) (véase Anexo I, glosario de términos). Las principales conclusiones de este informe dan cuenta que (IPCC, 2021):

- Es inequívoco que la influencia de la actividad humana ha provocado un calentamiento de la atmósfera, el océano y la tierra. Se han observado cambios rápidos y generalizados en las principales variables de la atmósfera, el océano, la criósfera y la biosfera.
- La escala de los cambios recientes en todo el sistema climático y el estado actual de las variables climáticas no tienen precedentes en los últimos siglos o miles de años.
- La temperatura global de la superficie seguirá aumentando hasta al menos mediados de siglo en todos los escenarios de emisiones considerados. El nivel de calentamiento global considerado aceptable entre 1,5°C y 2°C se superará durante el siglo XXI a menos que las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de efecto invernadero (GEI) se reduzcan en forma importante en las próximas décadas.
- Muchos aspectos en el sistema climático se amplifican en respuesta directa al calentamiento global. Estos incluyen incrementos en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos, olas de calor marinas y precipitaciones de mayor intensidad, sequías agrícolas y ecológicas en algunas regiones y la tasa de ocurrencia de ciclones tropicales intensos, así como reducciones en el hielo del Ártico, la cobertura de la capa de nieve y el permafrost.

En el contexto de este nuevo informe del IPCC surge la necesidad de estudiar los efectos en el clima local, derivados de los nuevos escenarios de cambio climático para Chile, y analizar cómo estos se comparan con los provenientes del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5), los cuales han sido la base de trabajos como el Atlas de Riesgo Climático (Pica-Téllez et al., 2020) o los planes de adaptación que actualmente están en operación o diseño en Chile.

En un esfuerzo por entregar información de utilidad para distintos tomadores de decisión, desde el Centro de Cambio Global UC hemos preparado este documento que compara los resultados del CMIP5 y del CMIP6. Además, el documento entrega también información adicional respecto de las certezas e incertidumbres asociadas a las proyecciones de cambio climático en Chile considerando la diversidad de escenarios de emisión de GEI y la diversidad geográfica de los resultados identificados.

En la siguiente sección se presenta una breve explicación del procedimiento que se utiliza para la construcción de escenarios de cambio climático, y las distintas fuentes de incertidumbre que se consideran. Posteriormente se describe la metodología utilizada para realizar los análisis. Los resultados se presentan en distintos formatos para explicar tanto el contexto regional como los análisis específicos para distintas Macrozonas en Chile. Finalmente, se discuten y presentan las principales conclusiones del análisis.

2. Construcción de escenarios de cambio climático

La construcción de escenarios de clima futuro es una pieza fundamental del conocimiento y la acción relacionada con el cambio climático. Estos escenarios se desarrollan para hacer reconstrucciones del clima del pasado, apoyar el entendimiento del funcionamiento del sistema climático y describir las condiciones ambientales que generan posibles climas del futuro dependiendo del tipo de sociedad que como humanidad vamos desarrollando. La herramienta de base que se utiliza para obtener estos escenarios corresponden a los modelos de clima global (GCM), que corresponde a modelos de simulación que toman como base las ecuaciones fundamentales que explican la circulación de atmósfera y océanos y la transferencia de masa y calor, con el propósito de representar el clima del planeta y sus variaciones espaciales y temporales (Bambach et al., 2019).

Es importante mencionar que los escenarios de clima futuro no corresponden a predicciones ni a recomendaciones, sino son más bien a una gama de posibles rutas dadas ciertas condiciones que predisponen a un escenario u otro. En ese sentido, los escenarios contemplan una gran variedad de factores que se modelan dentro del sistema climático y que buscan representar las características físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas, y su interacción con la topografía y la atmósfera. Además incorporan el efecto de factores futuros sociológicos, demográficos, tecnológicos y económicos que condicionan las emisiones (Vicuña et al., 2019).

Estos escenarios han servido, por una parte, para alertar respecto de los impactos que podría significar un aumento sostenido en la concentración de GEI en la atmósfera, y por ende propiciar acciones ambiciosas de mitigación. Además de indicar las necesidades de adaptación que vienen asociadas con los impactos del cambio climático actuales y en el corto plazo.

En este contexto, cada una de las evaluaciones que el IPCC ha desarrollado ha incluido la publicación de escenarios de cambio climático, que en ciertos casos ha significado la renovación y actualización de los GCM que se usan para su construcción. La coordinación del desarrollo y uso de estos GCM, ocurre a través de los Proyectos de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP), iniciativa que, a través de grupos de investigación internacionales, analiza y valida los resultados de los GCM. Aquellos GCM que se han analizado en el AR5 corresponden al Quinto Proyecto de Intercomparación (CMIP5) y aquellos del AR6 al CMIP6.

La capacidad de estos GCM de representar el clima a escala global, así como las trayectorias que puede seguir la evolución de concentración de GEI y otros forzantes climáticos, son algunas de las incertidumbres asociadas a la construcción de escenarios de cambio climático. En la Figura 1 se presenta lo que se conoce como la cascada de incertidumbre en la construcción de escenarios climáticos. En ella se destacan además de los componentes ya mencionados, la composición de la atmósfera, la conexión entre el clima a escala global y a escala local y la bajada finalmente al análisis de los impactos específicos. En este documento estamos haciendo una representación explícita de algunas de estas incertidumbres y el valor relativo que toman para entender con la mayor amplitud posible el clima que nos puede deparar como país en el futuro y de esta manera tomar las mejores medidas para hacer frente a este desafío.

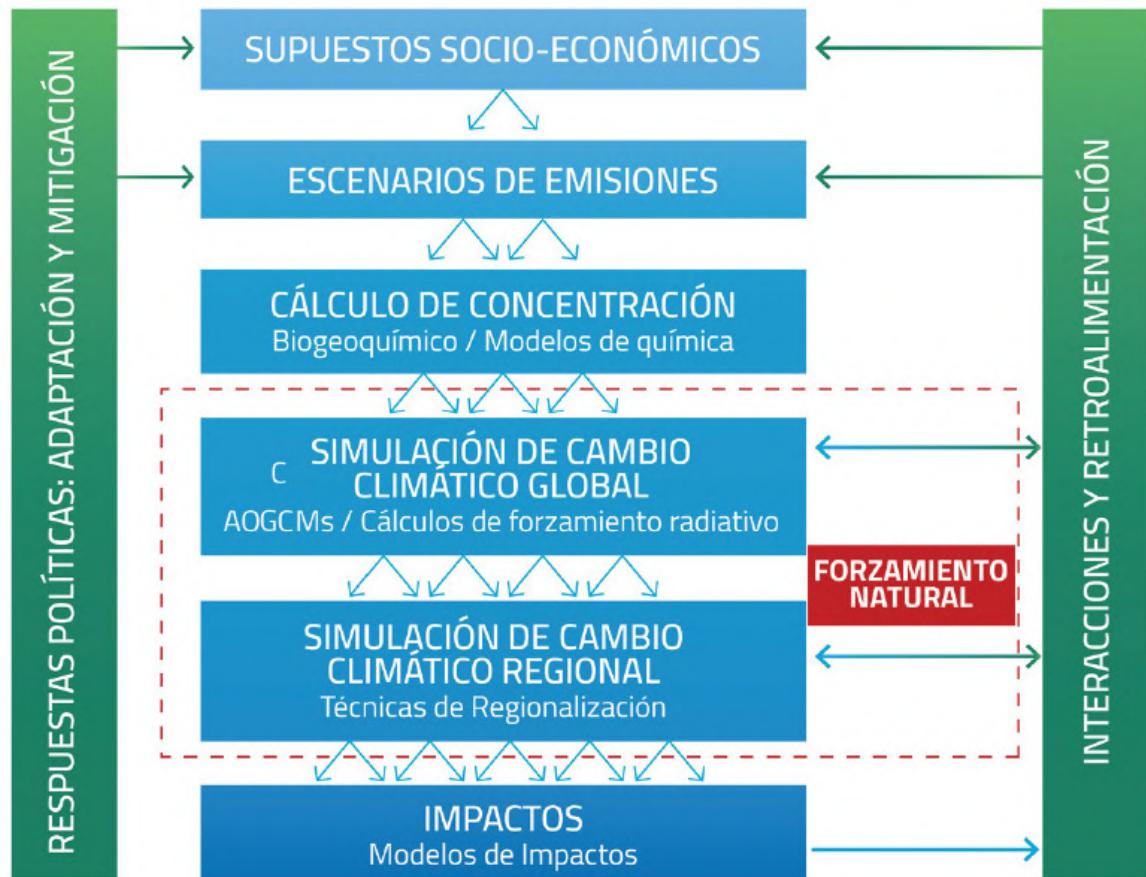


Figura 1. Fuentes de incertidumbre asociados a la modelación climática.

Fuente: Bambach et al., (2019) adaptado de Giorgi, (2005).

3. Metodología

Se presenta en esta sección una descripción de la metodología utilizada para realizar los distintos análisis de los escenarios de cambio climático. La descripción comienza presentando las bases de datos consideradas y la extensión temporal y espacial de los análisis. Posteriormente se describen detalles específicos de los análisis realizados a la escala de la región del cono sur de Sudamérica y para las distintas macrozonas de Chile.

a. Obtención de datos de modelos CMIP5 y CMIP6

En el marco de las iniciativas y proyectos que el Centro de Cambio Global UC ha desarrollado en los últimos años, ha generado una biblioteca de Modelos de Circulación General (en adelante GCMteca) con el propósito de analizar las trayectorias de cambio hacia el futuro de variables climáticas como temperatura y precipitación. Con la liberación de los resultados modelos CMIP6 a mediados del 2021, esta GCMteca se ha complementado.

Los datos de los modelos, tanto para CMIP5 como CMIP6 fueron obtenidos desde el repositorio web de la Federación de Redes del Sistema Terrestre (ESGF), una entidad colaborativa que desarrolla, despliega y mantiene infraestructura de software para el manejo, diseminación y análisis de modelos climáticos y datos observacionales¹. Para aquellos modelos cuyos datos no estaban disponibles en el repositorio mencionado, se recurrió a la biblioteca digital del Centro de Análisis de Datos Ambientales (CEDA)².

Los modelos fueron descargados para los ensambles r1p1i1 (CMIP5) y r1i1p1f1 (CMIP6) (detalles de estos modelos se presentan en Anexo II) para la serie continua mensual entre 1950 y 2100, considerando cuatro escenarios de emisiones de GEI.

b. Selección de escenarios

Para el AR5, los escenarios se definen a través de las vías de concentraciones de GEI representativas (RCP), que proveen un rango de emisión y concentraciones de GEI con un mismo nivel de forzamiento radiativo³ y que modulan la respuesta climática futura. Se definen cuatro escenarios según el nivel de emisiones respecto de la época preindustrial:

- **RCP-2.6:** Este escenario prevé un forzamiento radiativo de 2,6 W/m² hacia 2100, con un nivel menor de emisiones en base a medidas estrictas de reducción de estas.
- **RCP-4.5:** Este escenario prevé un forzamiento de 4,5 W/m² hacia 2100, en donde las emisiones alcanzan un máximo cerca de 2040.
- **RCP-6.0:** Un poco más severo que RCP-4.5, este escenario prevé un forzamiento radiativo de 6 W/m² hacia 2100. El punto máximo de emisiones ocurre cerca de 2060. Junto con RCP-4.5 es considerado como un escenario de mitigación mediana.
- **RCP-8.5:** Este escenario prevé un forzamiento radiativo de 8,5 W/m² hacia 2100. Este escenario considera un aumento continuo de las emisiones durante todo el siglo XXI.

La Figura 2 muestra la tendencia media de las emisiones netas de CO₂ bajos los distintos escenarios del AR5, para modelos CMIP5, y las respuestas individuales de cada modelo que la componen (en líneas angostas).

1 <https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip5/>; <https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip6/>

2 <https://data.ceda.ac.uk/badc>

3 Variación, expresada en W/m², del flujo radiativo (la descendente menos la ascendente) en la tropopausa o en la parte superior de la atmósfera, debida a una variación del causante externo del cambio climático; por ejemplo, una variación de la concentración de dióxido de carbono o de la radiación solar. A los efectos de los informes del IPCC, el forzamiento radiativo se define específicamente como la variación respecto de 1750 y denota un promedio global anual.

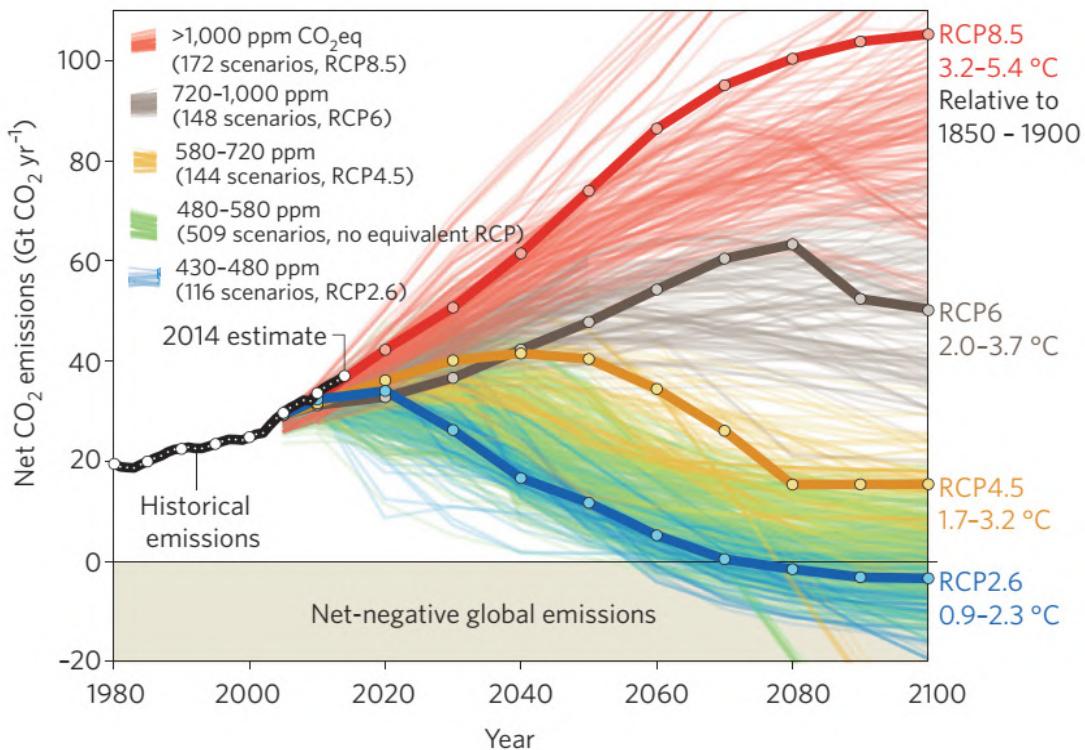


Figura 2. Escenarios de emisiones del AR5 y sus trayectorias hacia 2100.

Fuente: Fuss et al., (2014).

En el caso de los modelos del CMIP6, los escenarios se presentan tomando como punto de partida las denominadas Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP) (Eyring et al., 2016; Meinshausen et al., 2020), las cuales, además de tener en cuenta los aspectos ambientales y su incidencia en el comportamiento de la atmósfera, consideran a diferencia de los RCP, un componente socioeconómico que abre la posibilidad a distintos futuros potenciales en base a aspectos como: cambios en la economía, migraciones, niveles de desigualdad, crecimiento demográfico, entre otros. Todos estos componentes, inciden sobre las emisiones de GEI y por consiguiente en su efecto en el sistema climático. En el AR6, se definen cinco escenarios utilizados para las proyecciones con las siguientes características (una descripción conceptual de estos escenarios se presenta en la Figura 3):

- **SSP1:** Escenario de “Sustentabilidad”. Este es un escenario con un alto crecimiento económico, pero bajo crecimiento poblacional, una sociedad globalizada y altos niveles de educación y gobernabilidad, además de cooperación internacional, desarrollo tecnológico y conciencia ambiental.
- **SSP2:** Escenario “A medio camino”. Este es un escenario intermedio entre SSP1 y SSP3.
- **SSP3:** Escenario de “Fragmentación”. En este escenario existe alto crecimiento poblacional y bajo desarrollo económico, una sociedad regionalizada y con niveles inferiores de educación, y con baja conciencia ambiental.
- **SSP4:** Escenario de “Desigualdad”. En este escenario existe un alto nivel de desarrollo tecnológico en países desarrollados, no obstante, los beneficios de este progreso no llegan a toda la población, de modo que existe un desafío en adaptación importante.
- **SSP5:** Escenario de “Dependencia en combustibles fósiles”. Este es un escenario en donde aún existe una dependencia muy grande en combustibles fósiles, lo que lleva a un alto desarrollo económico, pero con elevadas emisiones y desafíos respecto de mitigación.



Figura 3. Escenarios de emisión de gases de efecto invernadero utilizados del AR6.

Fuente: IPCC, (2016).

Para conformar los datos de entrada de un GCM, estos escenarios de trayectorias socioeconómicas se combinan con los forzamientos radiativos concordantes para generar escenarios de proyección climática conjuntos que incluyen tanto el efecto de los componentes asociados a mitigación y adaptación, junto con los efectos de las modulaciones tierra-atmósfera-océano. La Figura 4 muestra las trayectorias de las emisiones globales de CO₂ hacia 2100 de 7 escenarios conjugados considerados en AR6, para modelos CMIP6, y las respuestas individuales de cada modelo que la componen (en líneas angostas).

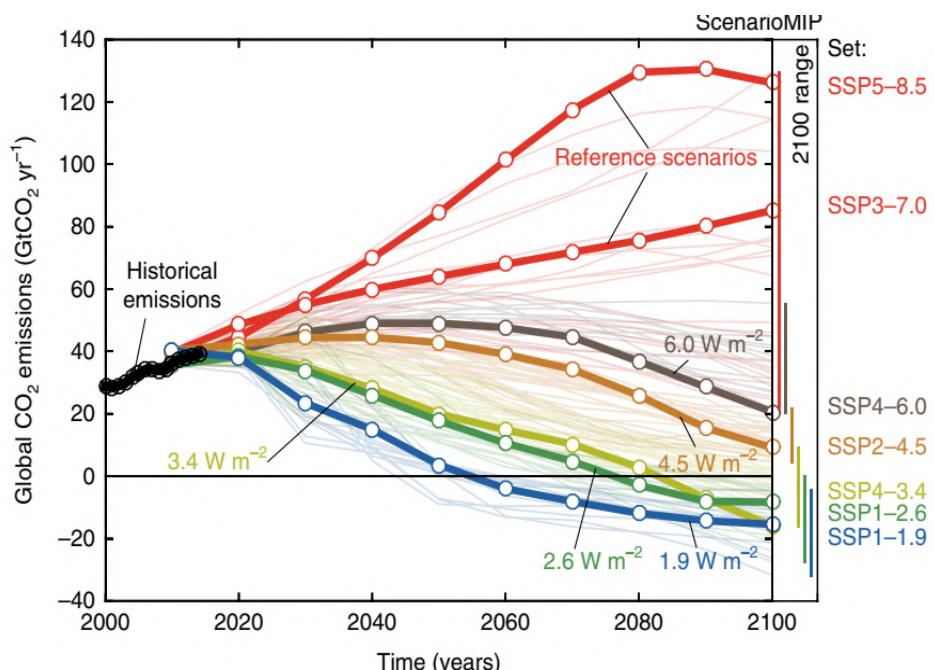


Figura 4. Escenarios de del AR6 y sus trayectorias hacia 2100.

Fuente: Rogelj et al., (2018).

Los 4 escenarios de CMIP6 a utilizar en el presente documento corresponden a los escenarios SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP4-6.0 y SSP5-8.5 (IPCC, 2021), los cuales son comparados con aquellos escenarios que reportan la misma cantidad de energía radiativa hacia fines de siglo en CMIP5: RCP-2.6, RCP-4.5, RCP-6.0 y RCP-8.5 (Bourdeau-Goulet, 2021; Stocker et al., 2014).

En los análisis, se utiliza para cada modelo una referencia histórica común, también simulada, lo que cambia es la trayectoria de emisiones según el escenario y periodo que corresponda. Los escenarios RCP 2.6, 4.5, 6.0 y 8.5 para CMIP5 y SSP 1-2.6, 2-4.5, 4-6.0 y 5-8.5 para CMIP6 se consideran escenarios futuros que se contrastan con los resultados de la referencia histórica del modelo. Tanto los SSP como los RCP utilizados en este reporte presentan el mismo forzamiento de fin de siglo (en W/m^2), que son medidas de la superficie de calentamiento de la tierra en función de la concentración de gases de efecto invernadero, aerosoles, nubes y cambios en la superficie terrestre, de modo que bajo esa premisa son comparables (Van Vuuren, 2011).

No obstante, lo expuesto, es importante mencionar que pese a compartir ciertos elementos, escenarios con un mismo forzamiento radiativo hacia final de siglo pueden presentar algunas diferencias. Por ejemplo, el escenario SSP5-8.5 de CMIP6 presenta valores más altos (en torno al 20%) de emisión de CO_2 que RCP 8.5 para todo el siglo XXI. Mientras que SSP2-4.5 comienza con emisiones de CO_2 más altas que RCP 4.5 y termina con menos emisiones, con una disminución más lenta y continua hacia fines de siglo (Hausfather, 2019). Lo anterior, sin mencionar las mejoras que en general CMIP6 posee respecto a CMIP5, representando mejores procesos climáticos a escalas más finas, un rango mayor de simulaciones, y la introducción de escenarios que contemplan características socioeconómicas.

c. Definición del alcance espacial y temporal de los análisis

Con el propósito de reportar información regional espacial respecto de los cambios esperados en temperatura, precipitación y evapotranspiración en distintos períodos de tiempo, se realizaron comparaciones para la zona de inserción de Chile en el cono de América del Sur (entre 16° y 56° de latitud Sur). Los datos de temperatura y precipitación provienen directamente de la salida de los GCM. En el caso de la evapotranspiración, se utiliza a modelo de referencia la evapotranspiración potencial (ETP) estimada a partir de la evapotranspiración de referencia (ETo) con la fórmula de Hargreaves y Samani (citado por Hargreaves y Allen, 2003). El análisis se realizó para tres períodos agregados de 20 años ya reportados en el Resumen para Tomadores de Decisión del último informe del IPCC (IPCC, 2021). Estos períodos corresponden a: 2021-2040 (periodo cercano), 2041-2060 (periodo intermedio) y 2081-2100 (periodo lejano)⁴.

Para cada escenario de emisión, período de tiempo y grilla de resolución espacial se calcula, para cada modelo, el cambio de temperatura (calculado como diferencia simple en $^\circ\text{C}$) y el cambio de precipitaciones y evapotranspiración potencial (calculado en ambos casos como variación porcentual (%)), respecto del período de referencia 1986-2005.

Debido a la discrepancia entre la escala espacial de los modelos climáticos, y dado que los modelos CMIP6 poseen una mayor resolución espacial ($0,18$ a $2,81^\circ$) que los CMIP5 ($0,56$ a $5,62^\circ$), se utiliza el algoritmo del vecino más cercano (IDW) (Schulzweida et al., 2006) para interpolar los datos de los modelos y sus escenarios a una grilla regular con una resolución común de $1,1^\circ \times 1,1^\circ$. Para el estudio del territorio nacional en un contexto regional, la grilla se delimitó entre los 10 y 60° grados de latitud Sur y entre los 50 y 80° de longitud Oeste (Figura 5).

El resultado en formato de mapas corresponde a la media de todos los modelos analizados por escenario y período para cada punto de grilla incluyendo un análisis de incertidumbre que da cuenta

⁴ Cada uno de los períodos de tiempo considerados tiene una conexión especial con temas de mitigación y adaptación al cambio climático. El período cercano (2021-2040) es un período en el que poco se puede hacer en términos de mitigación ya que las emisiones del pasado cobran mucha fuerza en el efecto climático más próximo. Respecto de adaptación es un período en el cual tenemos poco tiempo para prepararnos y adaptarnos por lo que es muy probable que estemos operando en base a una adaptación reactiva. El período intermedio (2041-2060) por otra parte, es un período clave en el cual sí se podrán apreciar las diferencias que tendrá la mitigación que hoy estamos ejecutando, y es un período frente al cual decisiones de adaptación que tomemos hoy con respecto a por ejemplo diseño de infraestructura pasa a ser muy relevante, pero a la vez complejo dada la incertidumbre en escenarios. Finalmente, el período lejano (2081-2100) nos muestra los impactos que tiene una acción de mitigación ambiciosa que logre frenar el aumento en emisiones de GEI respecto de los escenarios tendenciales. Desde el punto de vista de adaptación este parecer sin embargo un período muy lejano para el cual es complejo diseñar medidas de adaptación dados los altos niveles de incertidumbre existentes no solo desde el punto de vista de cambio climático, sino que también de muchos otros factores que inciden en la capacidad de adaptación.

la consistencia entre modelos de los resultados expuestos.

La Tabla 1 muestra el número de modelos utilizados según CMIP5 y CMIP6 para cada escenario y periodo. Es posible notar que solo existen hasta el momento 9 modelos (de instituciones independientes) que han publicado resultados para CMIP6 en forzamiento radiativo de 6,0 W/m², lo que contrasta con la cantidad de modelos disponibles en las otras combinaciones. Cabe destacar que existen institutos que han publicado modelos tanto para CMIP5 como CMIP6, así como solo para CMIP5 (o CMIP6), incluyéndose, en el caso de CMIP6, nuevos centros de investigación. En el Anexo II se detalla el nombre de los modelos, junto con la institución que los elabora, y los escenarios para los cuales poseen información.

Tabla 1. Número de modelos incluidos (CMIP5 o CMIP6) por escenario de emisión de GEI.

Escenario	CMIP5	CMIP6
RCP-2.6 / SSP1-2.6	28	45
RCP-4.5 / SSP2-4.5	41	44
RCP-6.0 / SSP4-6.0	21	9
RCP-8.5 / SSP5-8.5	42	44

Fuente: Elaboración propia.

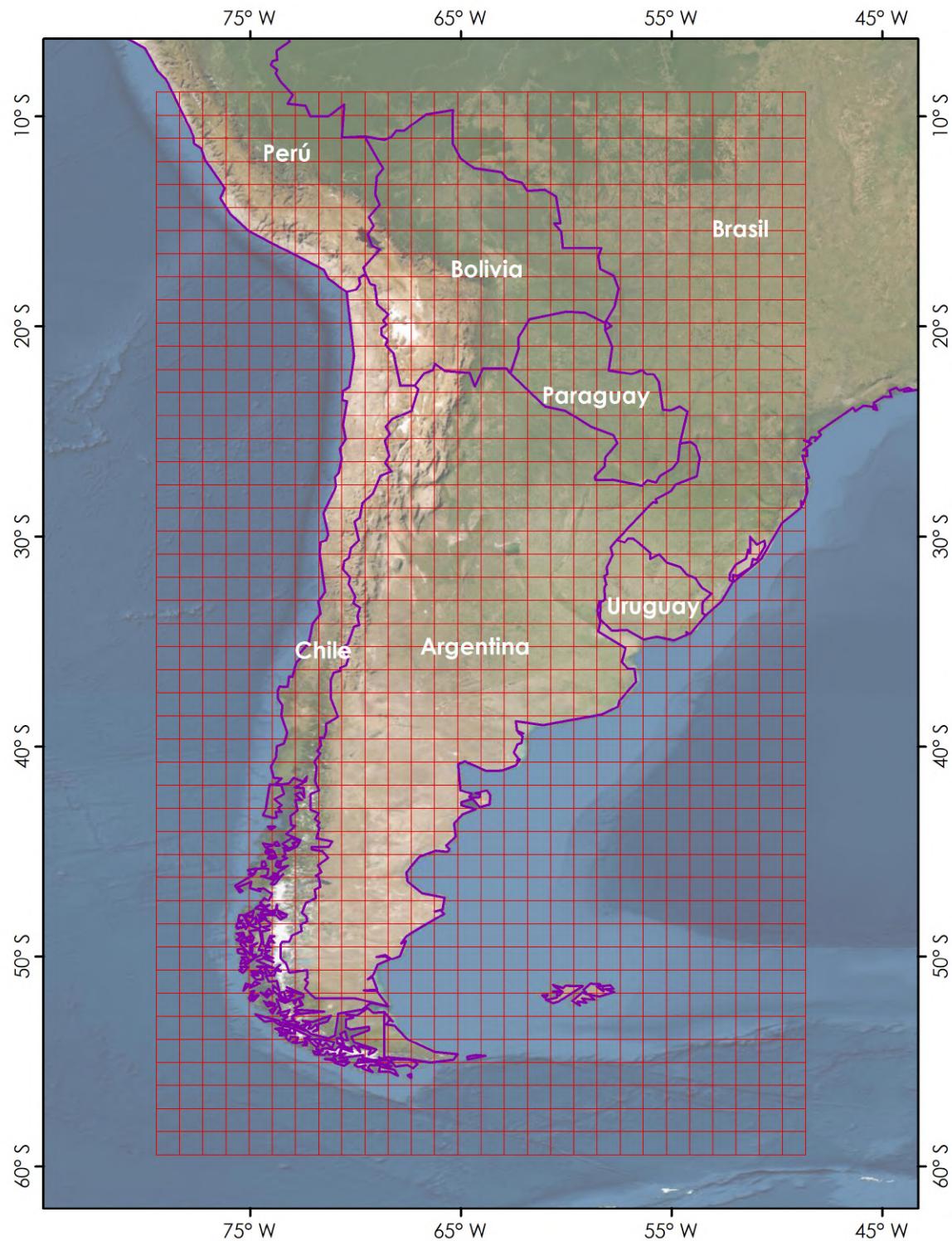


Figura 5. Definición espacial de la grilla generada para obtener los resultados espaciales de los modelos utilizados en CMIP5 y CMIP6.

Fuente: Elaboración propia.

d. Método para comparar las proyecciones de los modelos en cada celda de grilla

Los valores de las variables de cada modelo (incluyendo la variable de evapotranspiración que se obtiene a partir de un análisis de las condiciones de temperatura) son llevados a la grilla regular mediante la interpolación IDW, obteniéndose series de tiempo mensuales para cada celda de 1,1° entre 1986 y 2100. Las series mensuales son luego agregadas a escala anual, como suma en el caso de las precipitaciones y ETP y promedio en el caso de las temperaturas, para luego obtener los promedios tanto en el periodo de referencia (1986-2005) como en los tres períodos futuros. Finalmente, se obtienen los cambios esperados como la diferencia absoluta (para el caso de temperatura) y porcentual (para el caso de la precipitación y la evapotranspiración potencial) entre cada periodo futuro y periodo de referencia para cada combinación de periodo de análisis y escenario de emisiones.

De acuerdo a lo comentado al comienzo de este reporte, siempre existe la posibilidad de que algunos modelos no coincidan en la tendencia de la proyección de alguna variable climática en alguna celda de la grilla. Por ejemplo, en una celda de la grilla en particular, un modelo puede prever un aumento en las precipitaciones hacia 2040 bajo el escenario SSP2-4.5, mientras que otro modelo en el mismo escenario indica una reducción en la precipitación respecto del periodo de referencia. De esta manera una vez se han obtenido los cambios de precipitación y temperatura para distintos escenarios, la incertidumbre entre modelos respecto de estas proyecciones se cuantifica a través de una prueba estadística mediante un test de proporciones (Newcombe, 1998), el que corresponde a una prueba de Chi-cuadrada de Pearson (Bland, 2015). En el caso de las precipitaciones esta prueba cuantifica la probabilidad de que un porcentaje mayor al 50% de los modelos indique una reducción en las precipitaciones. En el caso de la temperatura la probabilidad de que un porcentaje mayor al 50% de los modelos indique un aumento mayor a 1,5°C (temperatura límite comprometida de acuerdo al Acuerdo de París). Este análisis permite evidenciar un patrón espacial del comportamiento de los cambios esperados en el cono sur, de modo de identificar las zonas en donde los modelos poseen mayor concordancia respecto de los cambios esperados. El Anexo III explica el método estadístico de análisis.

e. Análisis para distintas zonas del país de acuerdo a los escenarios CMIP6

Con el propósito de evaluar las diferencias en las proyecciones a nivel latitudinal y altitudinal sobre los escenarios del proyecto CMIP6, el país se ha dividido en 6 macrozonas, divididas éstas según su elevación en partes bajas (bajo 1.000 m.s.n.m.) y altas (sobre 1.000 m.s.n.m.). En cada una de estas 12 zonas resultantes se analizan los cambios en temperatura, precipitación y evapotranspiración según los distintos escenarios y periodos.

Para el análisis latitudinal se dividió Chile continental en 6 macrozonas de acuerdo a la definición hecha por DGA-DICTUC (2021), en base a las condiciones hidrometeorológicas promedio de las regiones administrativas que las componen:

- **Macrozona Norte:** Incluye las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta.
- **Macrozona Centro Norte:** Incluye las regiones de Atacama y Coquimbo.
- **Macrozona Centro:** Incluye las regiones de Valparaíso y Metropolitana.
- **Macrozona Centro Sur:** Incluye las regiones del Libertador Bernardo O’ Higgins, Maule, Ñuble y Biobío.
- **Macrozona Sur:** Incluye las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos.
- **Macrozona Austral:** Incluye las regiones de Aysén y Magallanes y la Antártica Chilena.

Estas 6 macrozonas y su división según elevación (1.000 m.s.n.m.) se muestran en la Figura 6.

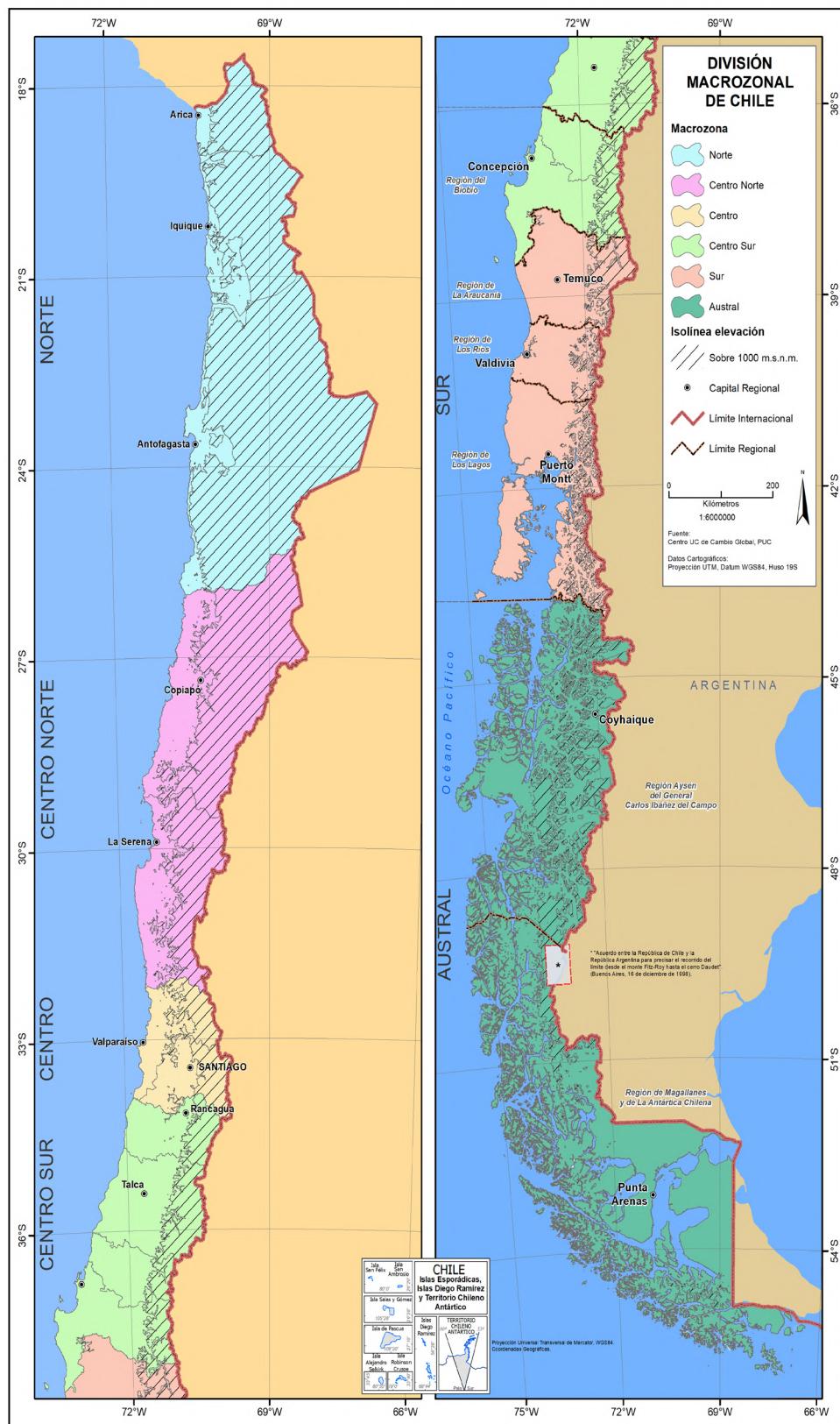


Figura 6. Separación de Chile continental en las distintas zonas de análisis incluyendo macrozonas y separación altitudinal.

Fuente: Basado en DGA-DICTUC, (2021).

La dispersión entre modelos de los cambios esperados en cada zona de análisis se presenta a través de diagramas de caja (boxplots). Estos diagramas de caja se construyen considerando distintos estadígrafos. Los estadígrafos calculados en cada una de las zonas corresponden al valor mínimo, máximo, y los percentiles (P) 5, 25, 50, 75 y 95. Los diagramas de caja se construyeron identificando los percentiles P5 y P95 en los extremos de los “bigotes”, el límite superior e inferior de la caja corresponden a los percentiles 25 y 75, mientras que el punto dentro de la caja representa el P50 o mediana. La obtención de los estadígrafos representativos para cada zona requiere de considerar la fracción de la superficie de cada píxel que se encuentra dentro de la zona de análisis.

f. Análisis del Índice de Aridez

Utilizando los resultados de cambios esperados en temperatura, evapotranspiración y precipitación se entrega un último análisis integrador utilizando el concepto de Índice de Aridez (IA). Este IA permite incluir los efectos combinados de cambios en dos variables meteorológicas que dan cuenta del estado hidrológico de una zona en particular. De acuerdo a la definición de Middleton y Thomas (1997) el IA se calcula de la siguiente forma:

$$IA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{ETP_i} \right)$$

Donde P_i representa la precipitación acumulada en cada año i (de un total de n años), ETP_i corresponde a la evapotranspiración potencial anual del año i . A partir del valor de este IA se clasifica el tipo de clima, según lo indicado en la Tabla 2.

Tabla 2. Tipo de clima según índice de aridez.

Tipo de clima	Índice de Aridez
Hiperárido	$\leq 0,05$
Árido	[0,05 - 0,2)
Semiárido	[0,2 - 0,5)
Subhúmedo Seco	[0,5 - 0,65)
Húmedo	$\geq 0,65$
Frío	$ETP < 400 \text{ mm}$

Fuente: Middleton y Thomas, (1997).

El análisis consiste en estimar los posibles cambios en categoría de IA que ocurrirían con los cambios proyectados en precipitación y temperatura. El análisis se realiza para todo el país haciendo una distinción en términos de los resultados presentados anteriormente que muestran los cambios esperados en precipitación y temperatura. Para cada uno de los modelos considerados en CMIP6 se estima el cambio en la superficie que cae en las distintas categorías del IA bajo el escenario histórico y bajo los distintos escenarios futuros. El resultado de este análisis indica (siguiendo lo presentado en Stehr et al., 2019) la superficie neta que aumenta en alguna categoría del IA (ej. paso de semiárido a árido, o de húmedo a subhúmedo seco).

4. Resultados

Los resultados de los análisis de los escenarios climáticos se presentan primero a través de mapas cubriendo el cono sur de América del Sur para dar una visión de los cambios esperados en Chile dentro del contexto regional y establecer una comparación entre los resultados del CMIP5 y CMIP6. Utilizando, posteriormente, sólo los resultados más recientes del CMIP6 (que se deben considerar como la mejor manera a la fecha de representar estos escenarios) se presentan también diagramas de caja (boxplot) que muestran las diferencias entre los resultados de los GCM para distintas zonas geográficas del país. Finalmente, se entregan resultados respecto de posibles cambios en los niveles de aridificación del país, nuevamente haciendo distinciones regionales.

a. Cambios proyectados de temperatura, precipitación y evapotranspiración para el cono sur de Sudamérica

Las Figuras 7, 8 y 9 muestran algunos ejemplos de los cambios esperados en precipitación, temperatura y evapotranspiración para algunos escenarios y períodos considerados. Se muestran tanto la condición promedio entre modelos, así como también la consistencia entre ellos de acuerdo al método estadístico ya descrito. Se han escogido dos combinaciones de escenario-período que muestran la dispersión más grande entre posibles escenarios. En este caso los escenarios SSP1-2.6 y RCP-2.6 representan para el periodo 2021-2040 el menor nivel posible de emisiones. En cambio, los escenarios SSP5-8.5 y RCP 8.5 para el periodo 2081-2100 representan en este momento el máximo efecto agregado de emisiones y sus cambios esperados en concentración de GEI y efectos en el clima. Anexo IV presenta el detalle de resultados para todas las combinaciones de escenarios y períodos de tiempo.

Se puede apreciar de estas figuras que para la misma combinación de escenario y periodo de tiempo las proyecciones son muy similares entre los escenarios CMIP5 y CMIP6. Algo que se destaca, sin embargo, es que, los escenarios CMIP6 tienden a ser más severos en sus variaciones en todas las variables, que los del CMIP5. En ambos casos existe mayor incertidumbre entre modelos tanto en el periodo cercano así como en los escenarios menos severos. Las zonas con incertidumbre entre modelos se van disipando en periodos más tardíos y/o escenarios de mayor nivel de emisión de GEI quedando acotada a aquellas zonas cuyos cambios en precipitaciones son menores o próximos al cero.

En el caso de los cambios proyectados en precipitación se muestra claramente una zona de reducción de precipitaciones que se extiende desde el centro de Chile hacia el sureste de Argentina en parte de lo que se conoce como la diagonal semiárida de América del Sur. Por otra parte, se muestra también de manera clara una zona de aumento de precipitaciones en la región aledaña a la desembocadura de la cuenca del Río de La Plata y la zona nororiental de Argentina. Existe extensa bibliografía que destaca la ocurrencia de tendencias históricas de disminución y aumento de precipitación en estas mismas zonas geográficas⁵.

Los escenarios menos severos RCP-2.6 y SSP1-2.6 hacia 2040 ya muestran disminuciones de precipitación en torno al 10% en amplias zonas de Chile continental, pero con áreas de alta incertidumbre para las zonas del norte del país (aunque solo en SSP), lo que también ocurre en la zona más austral del cono sur (tanto en RCP como SSP).

En los casos asociados a los escenarios más severos (forzamiento radiativo de 8,5 W/ m²), se aprecia que hacia 2040, los cambios ya son más intensos que en los escenarios con forzamiento radiativo de 2,6 W/ m². Para el periodo más lejano las diferencias son más importantes. En la zona más central de Chile (y el océano Pacífico) se reportan reducciones en las precipitaciones del orden de 20% promedio en el caso de los modelos CMIP5, y reducciones mayores a 30% en el caso de los modelos CMIP6.

En el caso de las temperaturas, dado el umbral asociado a los 1,5°C, la incertidumbre ya sea en los períodos más cercanos o con escenarios menos severos es total en toda el área analizada. No obstante, en el escenario asociado a RCP-8.5 hacia el final del siglo XXI esta incertidumbre se disipa de

⁵ Ver para el caso del centro sur de Chile: Boisier et al., (2018); Garreaud et al., (2017; 2019). Ver para el caso de la cuenca del Río de la Plata: Doyle y Barros (2011); Barros et al., (2015); Do et al., (2017).

forma completa, lo que no ocurre en el SSP5-8.5, con zonas que si bien, en promedio, sobrepasan el umbral, presentan un número de modelos que no lo hacen y aumentan esta incertidumbre.

En el caso de las temperaturas medias, ningún modelo en ningún escenario reporta disminución de estas. En el escenario menos severo ($2,6 \text{ W/m}^2$) existe una alta incertidumbre en los tres períodos respecto de si se supera el umbral de $1,5^\circ\text{C}$. En el escenario SSP5-8.5, hay una menor incertidumbre de que se sobreponga el umbral de $1,5^\circ\text{C}$ durante el periodo 2021-2040 en casi todo Chile, con la excepción de las latitudes más al norte y australes, unidas por una franja de incertidumbre que cruza toda la Argentina. Estas zonas inciertas no se aprecian en RCP-8.5.

Respecto de la evapotranspiración potencial (ETP), bajo los escenarios RCP-2.6 y SSP1-2.6 los cambios proyectan un aumento entre el 5 y 10% en el periodo más cercano a un 7,5 a 15% hacia 2100, con un patrón incipiente al aumento en el Altiplano Andino.

Por otra parte, bajo los escenarios severos, en el periodo intermedio los cambios indican un aumento sobre el 15% en la mayor parte de la zona continental, comenzando a evidenciarse un patrón de aumento en la ETP en la zona cordillerana de los Andes, el que se encuentra fuertemente marcado hacia 2100 en el escenario SSP5-8.5, con incrementos superiores al 20% incluso en las zonas más australes.

El resto de las combinaciones de escenarios-periodo (que se encuentran disponibles en Anexo IV) se hallan en una zona intermedia entre los dos reportados.

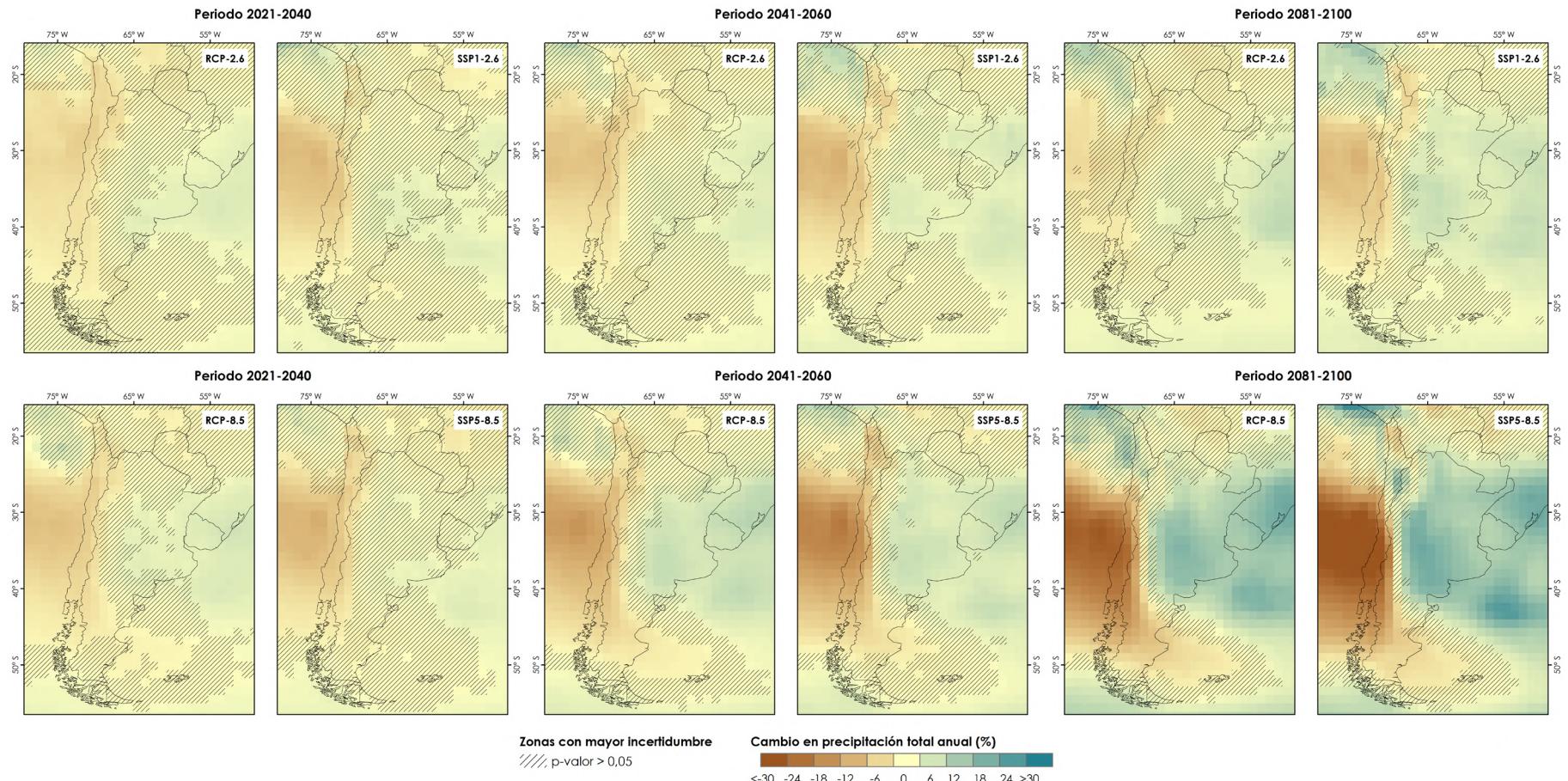


Figura 7. Cambios porcentuales en precipitación para el promedio de las proyecciones de modelos utilizados en CMIP5 y CMIP6 que consideran forzamiento radiativo de 2,6 y 8,5 W/m², en los tres períodos reportados por AR6.

Fuente: Elaboración propia.

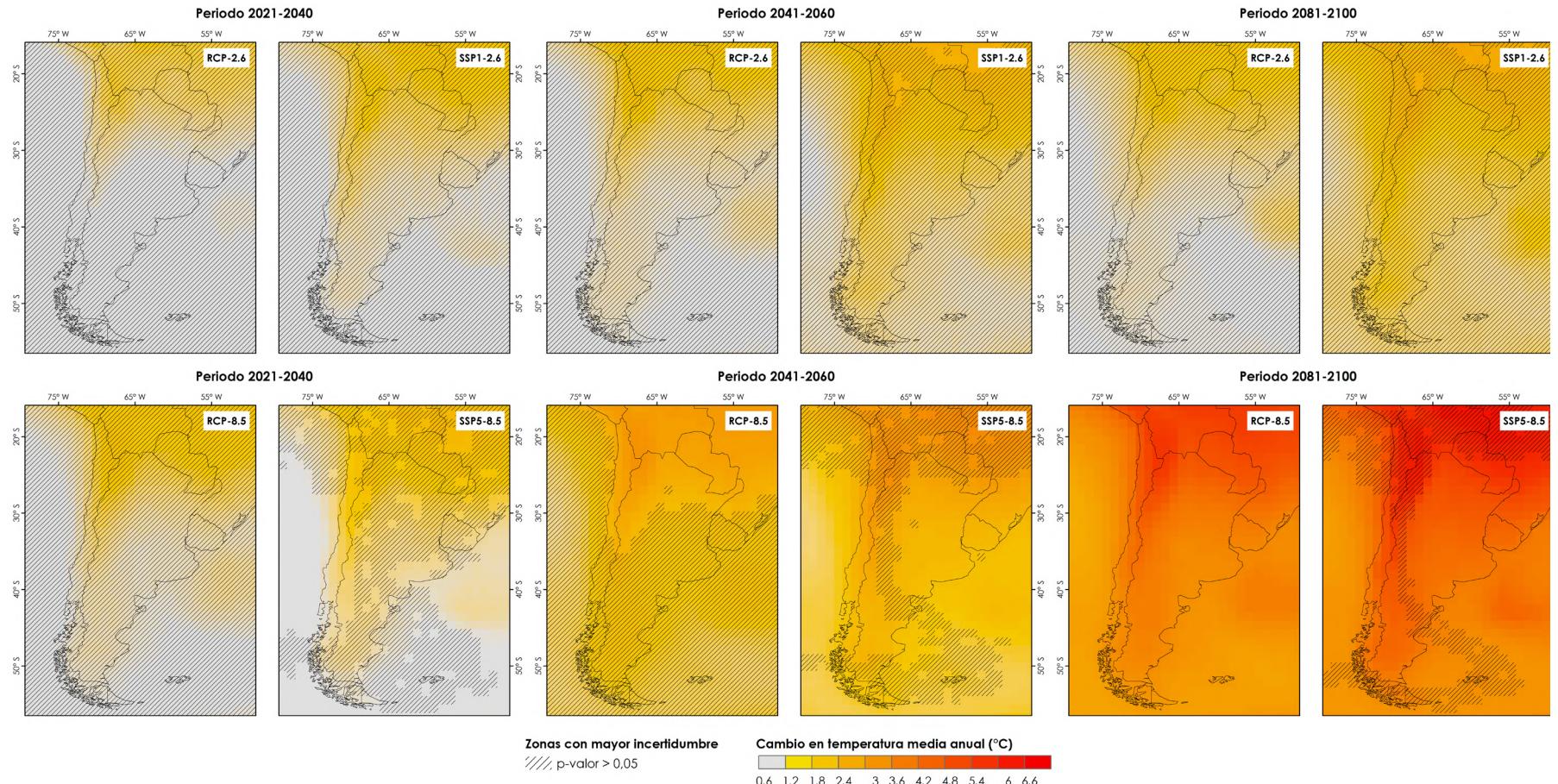


Figura 8. Cambios en temperatura para los escenarios CMIP5 y CMIP6 que consideran forzamiento radiativo de 2,6 y 8,5 W/m², en los tres períodos reportados por AR6.

Fuente: Elaboración propia.

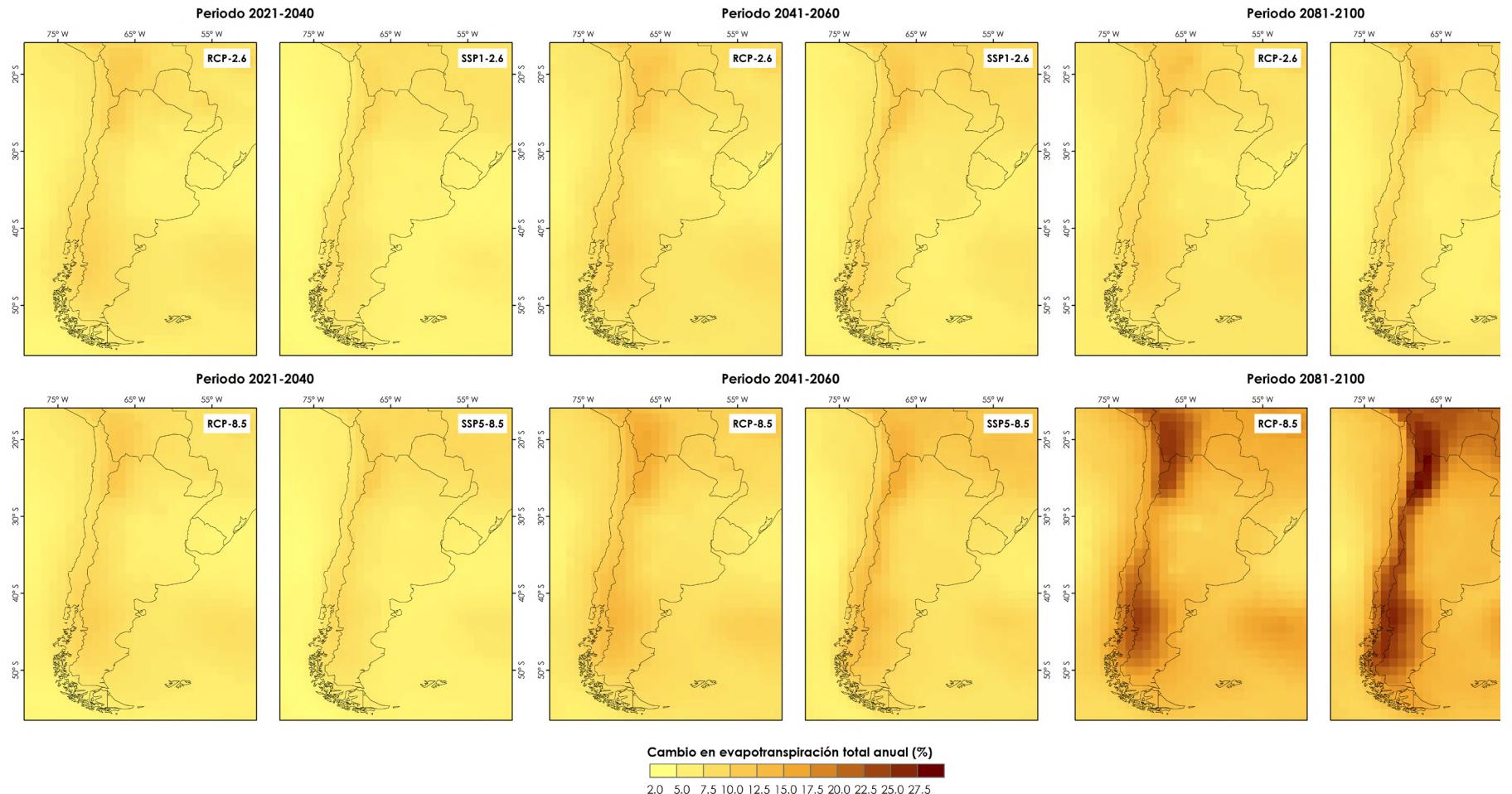


Figura 9. Cambios porcentuales en evapotranspiración potencial para el promedio de las proyecciones de modelos utilizados en CMIP5 y CMIP6 que consideran forzamiento radiativo de 2,6 y 8,5 W/m², en los tres períodos reportados por AR6.

Fuente: Elaboración propia.

b. Cambios proyectados de temperatura, precipitación y evapotranspiración para distintas zonas de Chile

En esta sección se analizan los resultados de las proyecciones climáticas con detalles a nivel de zonas geográficas del país (división latitudinal y altitudinal). Se identifican en los resultados presentados la dispersión de las proyecciones de los modelos para cada escenario y periodo de análisis. La información se presenta en formato de diagramas de caja (boxplots) separadas por macrozona y límite altitudinal.

Las Figuras 10 y 11 que presentan los resultados para la macrozona Norte, muestran una alta dispersión de los cambios en precipitación, tanto para aquellas áreas bajo y sobre los mil metros. A nivel comparativo, esta dispersión es menor sobre los 1.000 m.s.n.m. en el periodo 2020-2041 respecto del área bajo esta cota. No se aprecian diferencias sustanciales entre los escenarios independiente del periodo analizado, con medianas cerca del cero, pero con extremos incluso de +50% de aumento hacia 2100 en el escenario más severo, aún y cuando otro modelo en aquella misma combinación reporta cerca de -45% de reducción en las precipitaciones. Esta incertidumbre se ve reflejada especialmente en las figuras expuestas con anterioridad. Respecto de las temperaturas, en la macrozona Norte se observa un incremento sostenido de estas tanto hacia escenarios más severos como hacia periodos más lejanos, a costa de una mayor dispersión justamente en estos casos. En zonas sobre los 1.000 m.s.n.m., el incremento en temperatura es mayor, con un P50 de +5,6°C respecto del periodo de referencia hacia 2100 en SSP5-8.5 comparada con el P50 de 5°C de cambio bajo los 1.000 m.s.n.m. Finalmente, con respecto a la evapotranspiración existe un aumento especialmente en el periodo más lejano, los que se vuelven más intensos en el escenario más severo, por ejemplo, el percentil 95 (P95) para SSP5-8.5 en periodo 2081-2100 es de 27,3%.

En la macrozona Centro Norte (Figuras 12 y 13), es posible observar un leve patrón de tendencia en la disminución de precipitaciones en el periodo cercano cuando se contrastan los escenarios. Hacia 2100 el patrón se muestra más difuso, e incluso el escenario SSP5-8,5 muestra una condición menos severa que otros escenarios. Al diferenciar por cota, se aprecia que la zona bajo los mil metros en esta macrozona tendría un impacto un poco más severo que aquellas zonas más elevadas, aunque con una alta dispersión. Al igual que en la macrozona norte, existe un patrón creciente de incremento de las temperaturas tanto hacia escenarios más severos como en periodos más lejanos. Zonas sobre los 1.000 m.s.n.m. tienden a tener aumentos mayores que las áreas bajas, no obstante, pese a que en las zonas altas no se aprecia mayor diferencia en las variaciones respecto de la macrozona Norte, las zonas más bajas se “calientan” menos en la macrozona Centro Norte en relación a lo que ocurre en la macrozona Norte. Para la evapotranspiración potencial el patrón es similar a la macrozona Norte, pero con impactos más severos que en el caso de la macrozona Norte. Por ejemplo, el P95 de cambios en el escenario más severo en el periodo más lejano sobre la cota de 1.000 m.s.n.m. es de 32,2%.

La macrozona Centro (Figuras 14 y 15) muestra un patrón claro de disminución de precipitaciones entre los distintos escenarios, pero no tanto así entre periodos (sobre todo en el escenario menos severo y en las áreas sobre los 1.000 m.s.n.m.). La dispersión de la caja (el 50% de los modelos involucrados) es menor respecto de las dos macrozonas reportadas hasta ahora, pero aún es posible hallar modelos extremos que otorgan una mayor incertidumbre incluso reportando cambios de signo opuesto al de la mediana. En ese sentido, existe un mayor riesgo de disminución de precipitación bajo el borde altitudinal definido hacia 2100, pero con una dispersión mayor respecto de cotas más elevadas. En el caso de las temperaturas, el patrón espacial es el mismo expuesto hasta el momento, pero con incrementos menores que los reportados para la macrozona Centro Norte. Nuevamente, zonas con mayor elevación se aprecian más susceptibles de mayores incrementos en las temperaturas, por ejemplo, con una mediana de 0,5°C más alta en el escenario de mayor severidad hacia el periodo más lejano. En el caso de la evapotranspiración la señal de cambio es similar a las macrozonas anteriores con valores de aumento levemente inferiores.

Desde la macrozona Centro Sur (Figuras 16 y 17), respecto de las variaciones de precipitaciones comienza a aumentar la concordancia entre modelos, lo que se ve reflejado en intervalos más acotados entre cada escenario-período. Hacia el periodo 2081-2100 se observa un patrón de disminución de las precipitaciones en la medida que el escenario es más severo, lo que no se desprende con aquella certeza en los otros dos periodos. Respecto de la separación por borde altitudinal, y consi-

derando que desde esta macrozona la pluviometría tiene mayor representación, no se aprecia un cambio evidente, pero sí se podría desprender que las zonas menos elevadas tendrán disminuciones mayores. A nivel de cambios de temperatura, se conserva la tendencia al aumento en la medida que el escenario se vuelve más severo y/o el período más lejano, tal como se describió para las macrozonas anteriores, incluso también se reafirma el patrón de cambios más bajos en la medida que se avanza en latitud al sur. No obstante, la amplitud de los escenarios, y por consiguiente su incertidumbre, no cambia respecto de las otras macrozonas señaladas hasta ahora. A nivel de cota, el patrón es similar al descrito, las zonas de mayor elevación tendrían mayores incrementos. La señal en el caso de la evapotranspiración se mantiene similar a las macrozonas anteriores.

En la macrozona Sur (Figuras 18 y 19), la dispersión de los modelos es mayoritariamente baja respecto de lo observado por ejemplo en la macrozona Norte. Sigue habiendo un patrón difuso en la tendencia de los cambios entre escenarios en el período cercano e intermedio, pero este es claro hacia el período lejano. Las zonas bajas sufrirán más con la disminución de las precipitaciones. El aumento de las temperaturas continúa el patrón descrito: Aumentos conjuntos a medida que el escenario es más severo y/o temporalmente más lejano y cambios menores respecto de aquellos de macrozonas más al norte. La dispersión sigue siendo amplia y se prevé que los incrementos de temperatura sean más elevados en zonas sobre los 1.000 m.s.n.m. En esta macrozona se aprecian cambios similares pero vuelven a apreciarse valores mayores como los observados en la macrozona Centro Norte con un P95 igual a 37%.

En la macrozona Austral (Figuras 20 y 21), la dispersión en los cambios de precipitaciones es mínima. No obstante, esto no implica una menor incertidumbre dado que la variación es prácticamente nula y cercana al 0, y por lo tanto existen modelos que prevén tanto aumento como disminución en las precipitaciones. No existe un patrón claro de cambio hacia períodos lejanos, y entre escenarios solo en el período 2081-2100 se aprecia una tendencia al aumento en la severidad de la disminución de las lluvias en el escenario más severo, aunque no parece ser tan evidente como en otras macrozonas. Respecto de las temperaturas, existe una dispersión menor, junto con un patrón de incremento, así como aumentos en zonas sobre los 1.000 m.s.n.m. Los modelos CMIP6, con incrementos que rondan los 2°C hacia 2100 en SSP5-8.5. Pese a que en esta macrozona los cambios en temperatura son menores al resto de las macrozonas del país, el cambio proyectado implica de todas maneras un aumento en la evapotranspiración potencial, especialmente en las zonas altas de la macrozona.

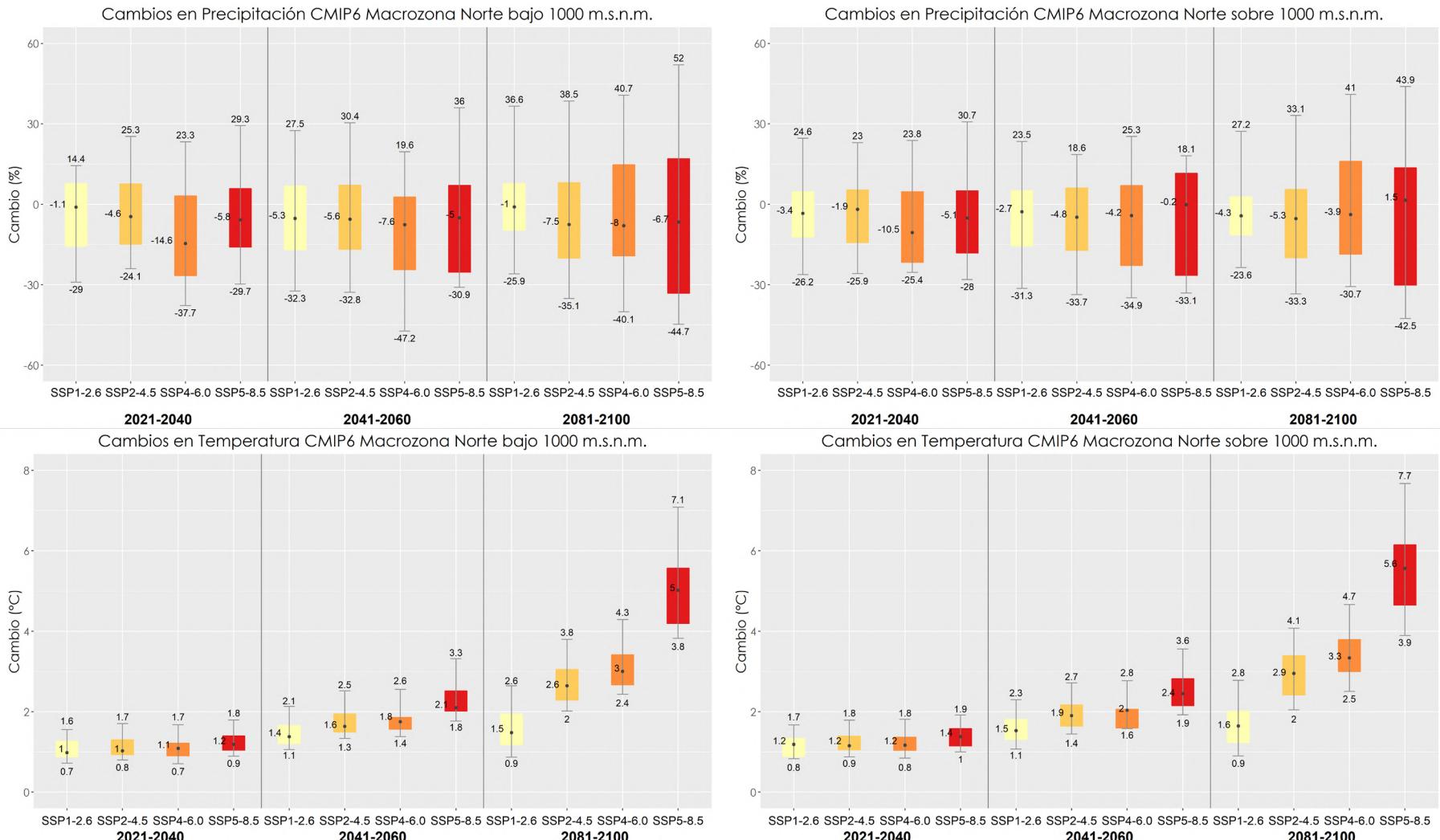


Figura 10. Cambios esperados en precipitación y temperatura para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Norte. A la izquierda las zonas bajo los 1000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

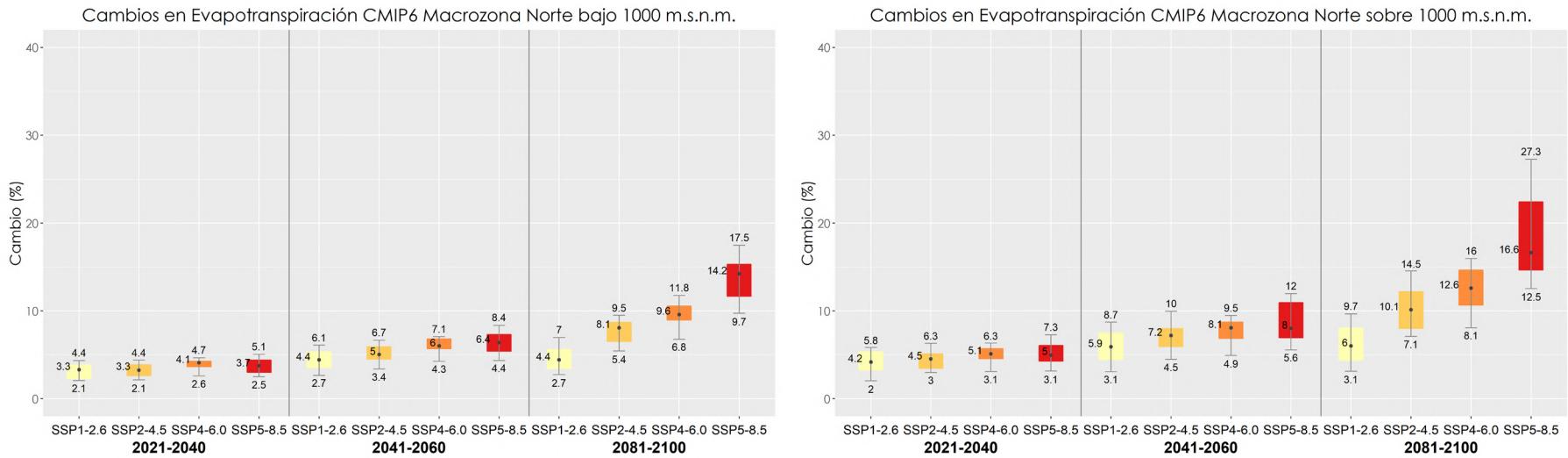


Figura 11. Cambios esperados en evapotranspiración potencial para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Norte. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

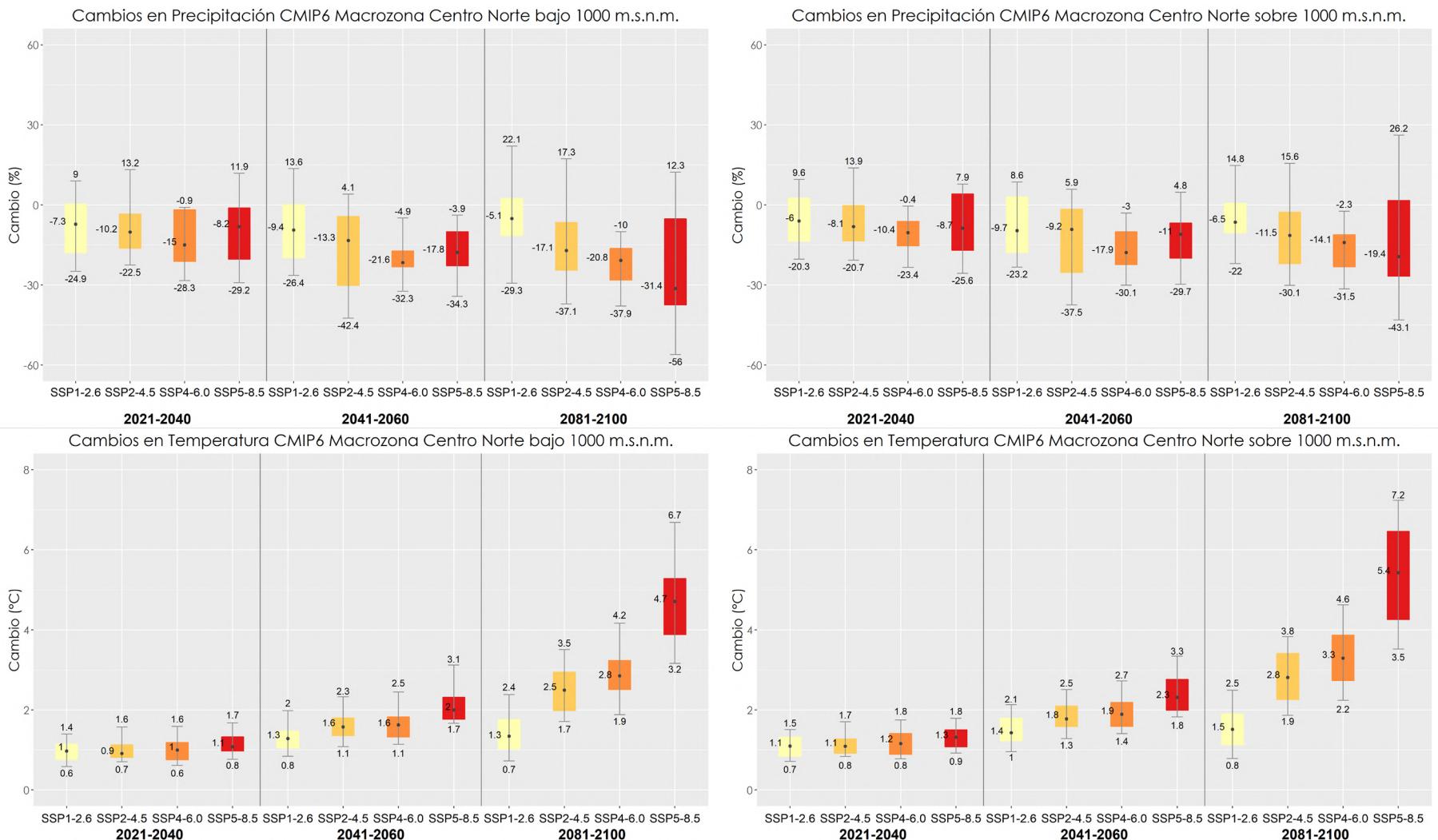


Figura 12. Cambios esperados de precipitación y temperatura para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Centro Norte. A la izquierda las zonas bajo los 1000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

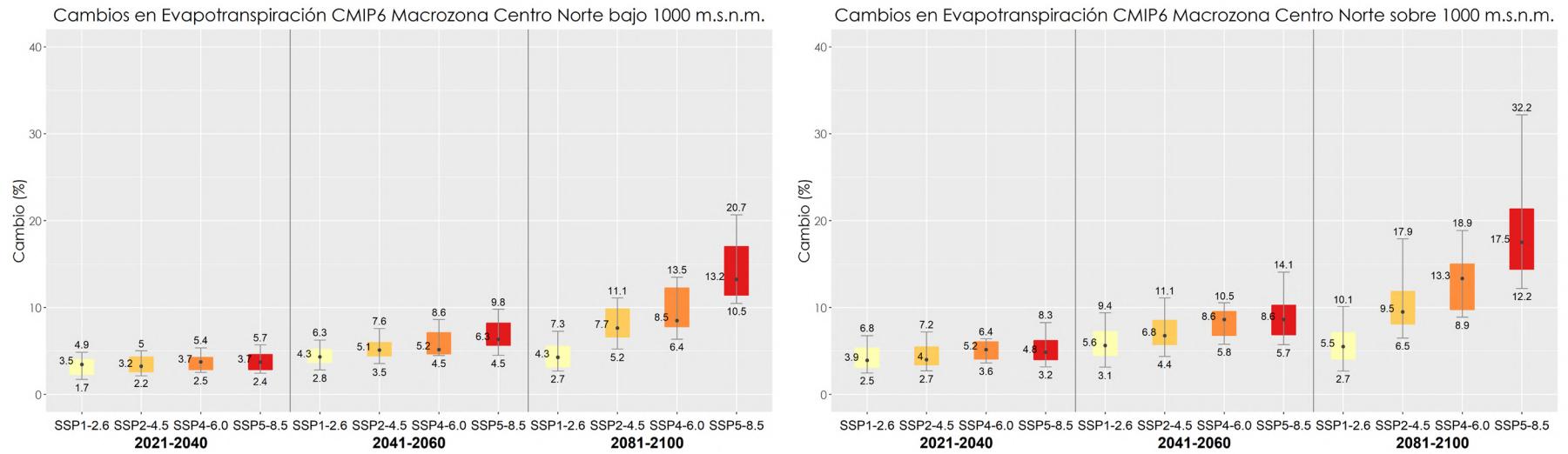


Figura 13. Cambios esperados en evapotranspiración potencial para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Centro Norte. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

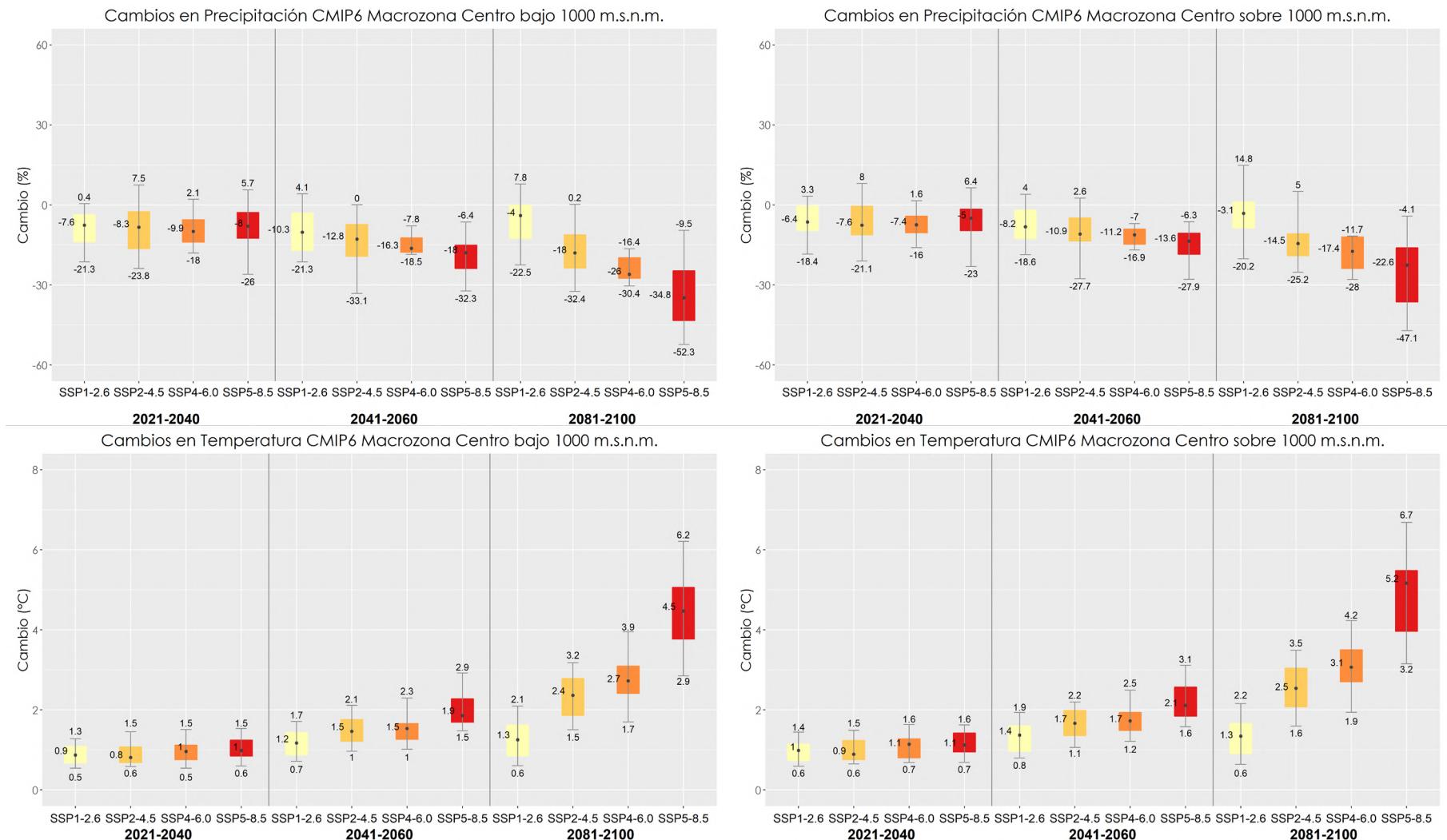


Figura 14. Cambios esperados de precipitación y temperatura para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Centro. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

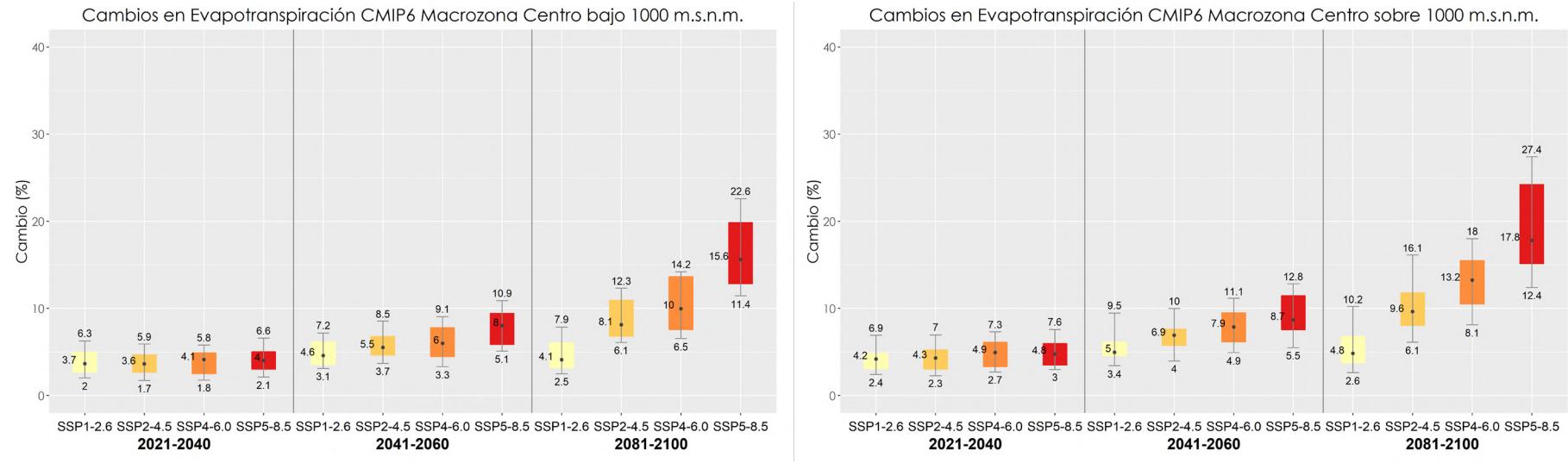


Figura 15. Cambios esperados en evapotranspiración potencial en tres períodos con respecto al periodo de referencia para los escenarios CMIP6 para la macrozona Centro. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

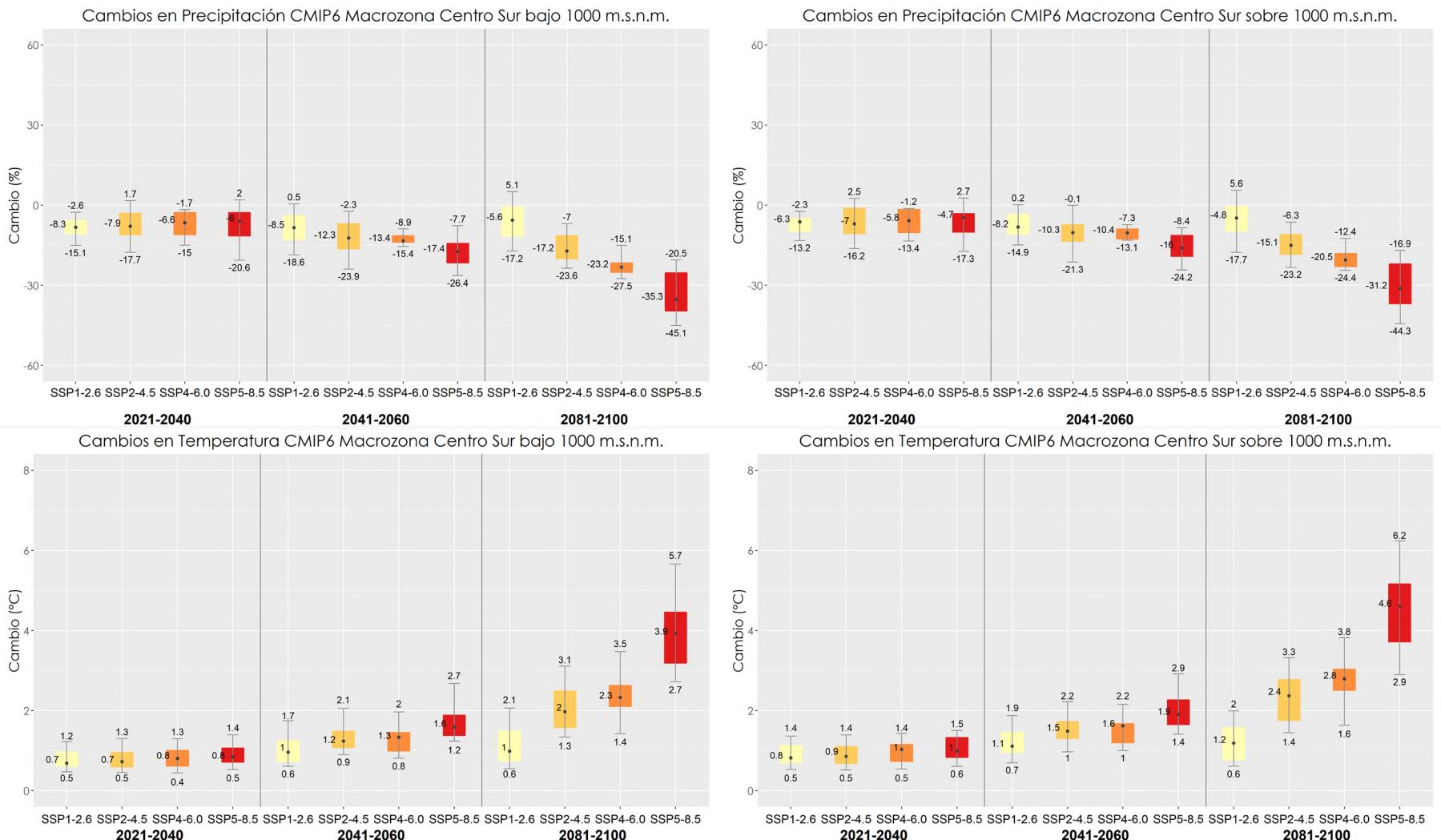


Figura 16. Cambios esperados de precipitación y temperatura para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Centro Sur. A la izquierda las zonas bajo los 1000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

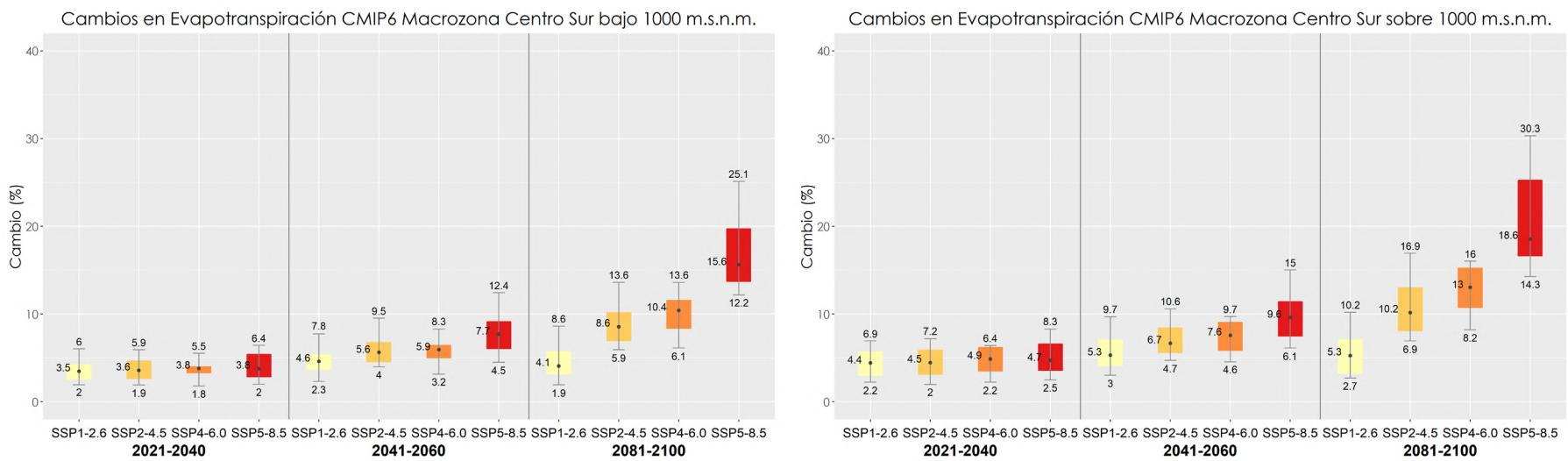


Figura 17. Cambios esperados en evapotranspiración potencial para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Centro Sur. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

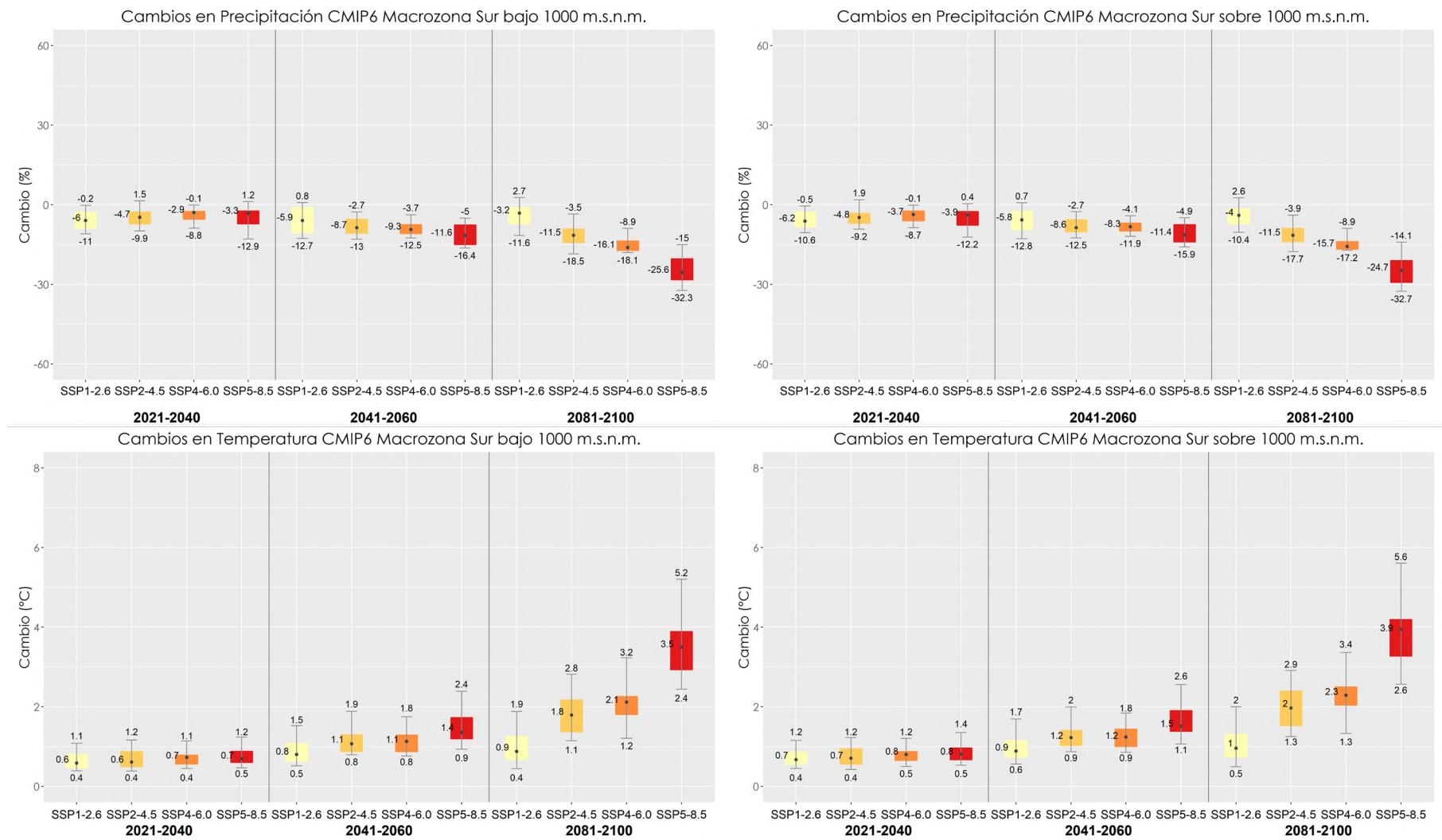


Figura 18. Cambios esperados de precipitación y temperatura para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Sur. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

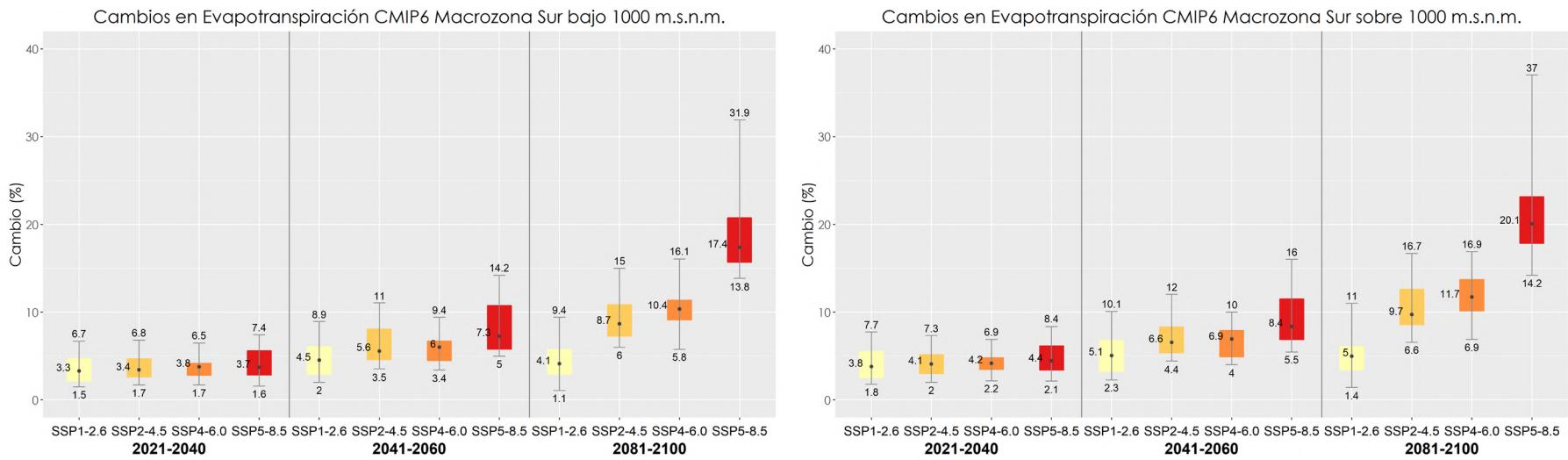


Figura 19. Cambios esperados en evapotranspiración potencial para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Sur. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

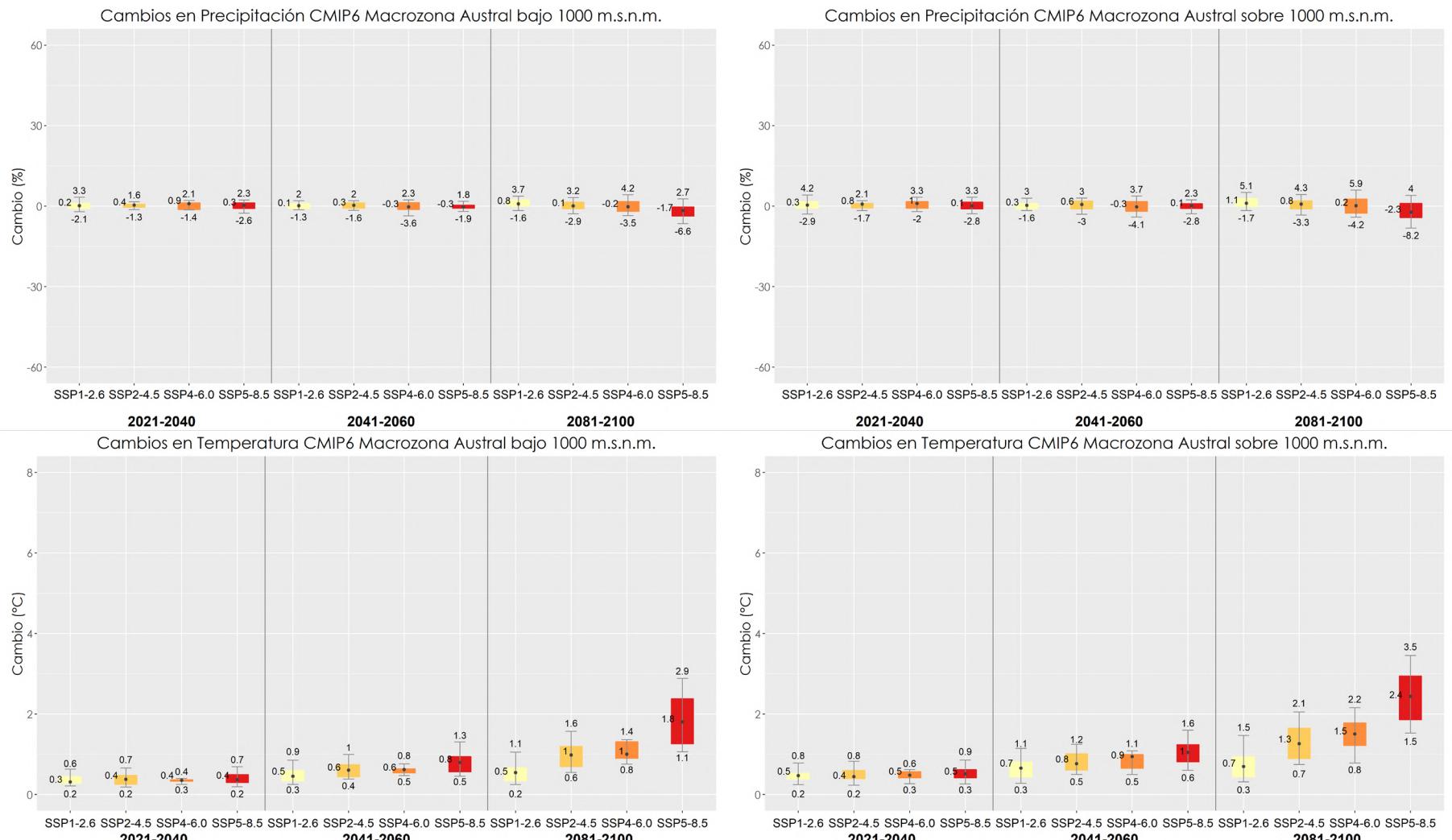


Figura 20. Cambios esperados de precipitación y temperatura para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Austral. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

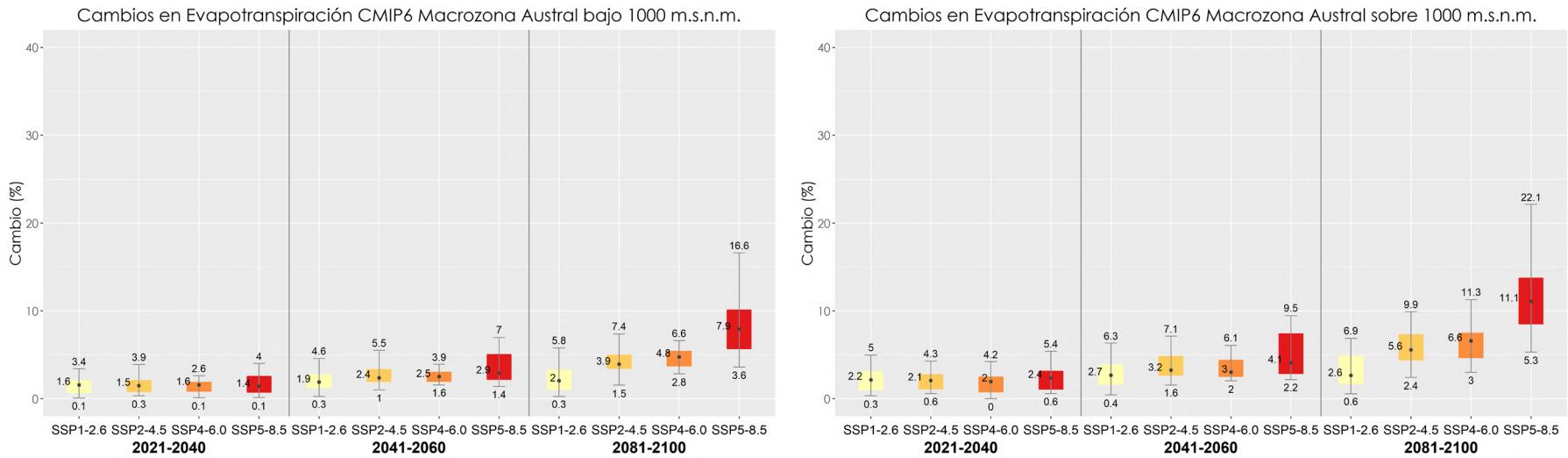


Figura 21. Cambios esperados en evapotranspiración potencial para los escenarios CMIP6 en tres períodos para la macrozona Austral. A la izquierda las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. y a la derecha aquellas sobre este borde altitudinal.

Nota: Los rectángulos coloreados muestran el percentil 25 y 75, las barras los percentiles 5 y 95 y el círculo el percentil 50.

Fuente: Elaboración propia.

c. Cambios proyectados en el Índice de Aridez para distintas zonas de Chile

Como último análisis de la información entregada por las nuevas proyecciones provenientes de CMIP6 se presentan en esta sección una revisión de los cambios que existen respecto de las condiciones de aridez esperadas en el país que integran tanto cambios en precipitación como temperatura y el efecto de esta última variable en la evapotranspiración potencial. El uso de este indicador se ejemplifica en la Figura 14, la que presenta para una situación actual (1985-2015) las zonas del país con distintas categorías de aridez. La imagen se ha construido utilizando la base climatológica CR2Met v2.0 usada en DGA (2018). Se aprecia claramente la gran diversidad de condiciones de aridez que imperan en el país cubriendo todas las categorías posibles.

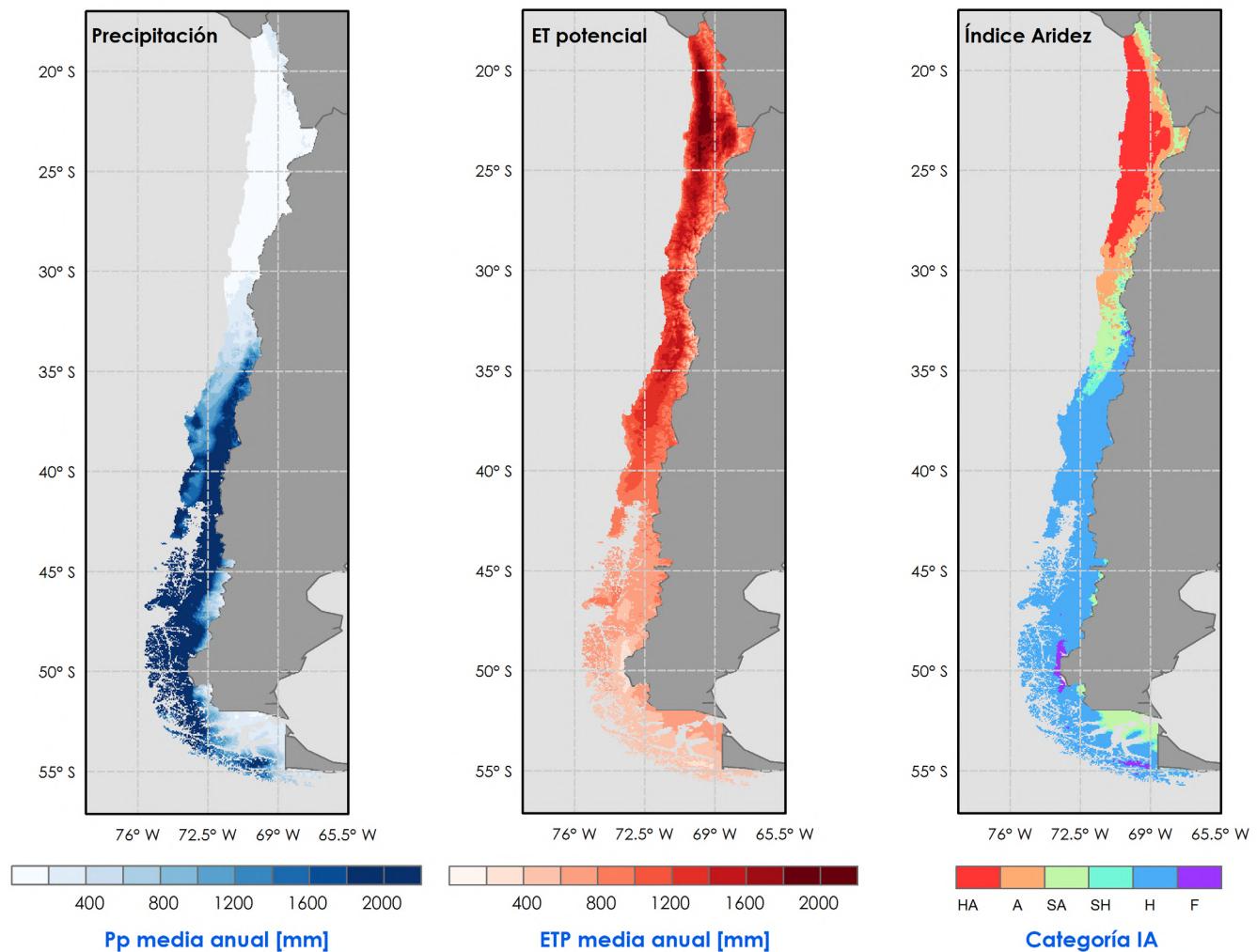


Figura 22. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez para periodo histórico (1985-2015).

Fuente: Elaboración propia.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

Posteriormente se analiza el potencial cambio en la categoría del Índice de Aridez (IA) para cada una de las celdas de análisis distinguiendo en los cálculos macrozonas, periodo de tiempo y escenario de emisión futura. Los resultados se presentan en dos formatos. Primero a modo de ejemplificar los cambios esperados se presenta en las Figuras 23 y 24 los cambios esperados en precipitación,

ETP y categoría de IA para dos casos extremos considerados con anterioridad: el escenario SSP1-2.6 para el periodo 2021-2040 y el escenario SSP5-8.5 para el período 2081-2100 (En Anexo VI se muestra el detalle de todos los escenarios y periodos). Se presenta en ambos casos la condición promedio para todos los modelos considerados en el análisis. Las Figuras 25, 26 y 27 presentan una síntesis de estos resultados destacando aquellas zonas del país que tendrían un cambio en categoría del IA para estos dos escenarios. Se puede apreciar que el escenario más severo presenta una mayor superficie que aumenta su categoría de aridez. Esto era esperable ya que este escenario implica una mayor reducción en precipitaciones y aumento en ETP. Los cambios esperados implican un aumento de la frontera de la zona hiperárida extendiéndose hacia la cordillera y hacia el sur. La zona árida y semiárida también se extiende hacia el sur del país. En el caso del escenario más severo este cambio es importante pasando por ejemplo la zona central del país (regiones de Valparaíso y Metropolitana) de tener un clima semiárido a un clima árido. En este mismo escenario la zona centro sur (hasta la región del Biobío) pasa de tener un clima húmedo a un clima subhúmedo seco y semiárido.

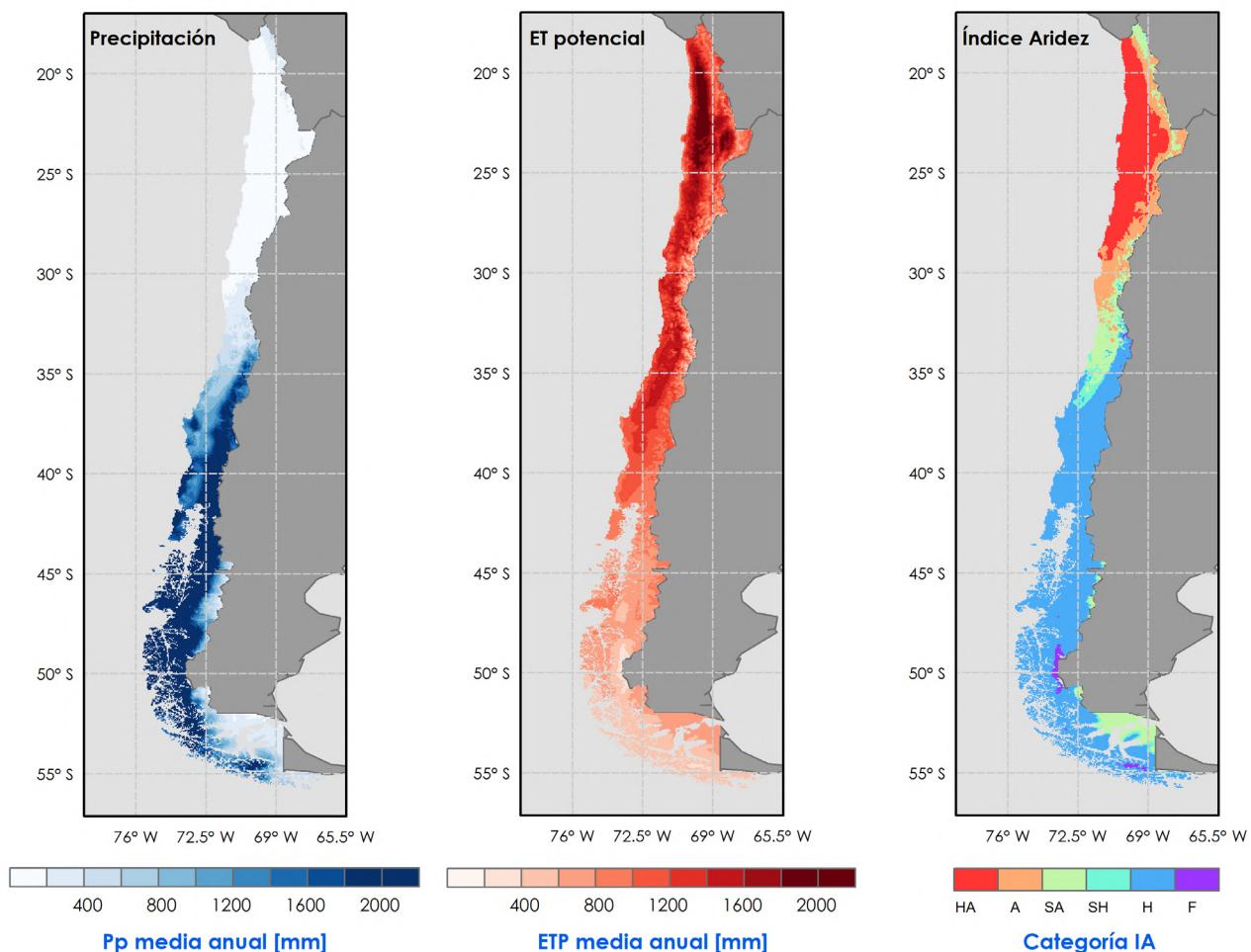


Figura 23. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo cercano (2021-2041) y escenario SSP1-2.6.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

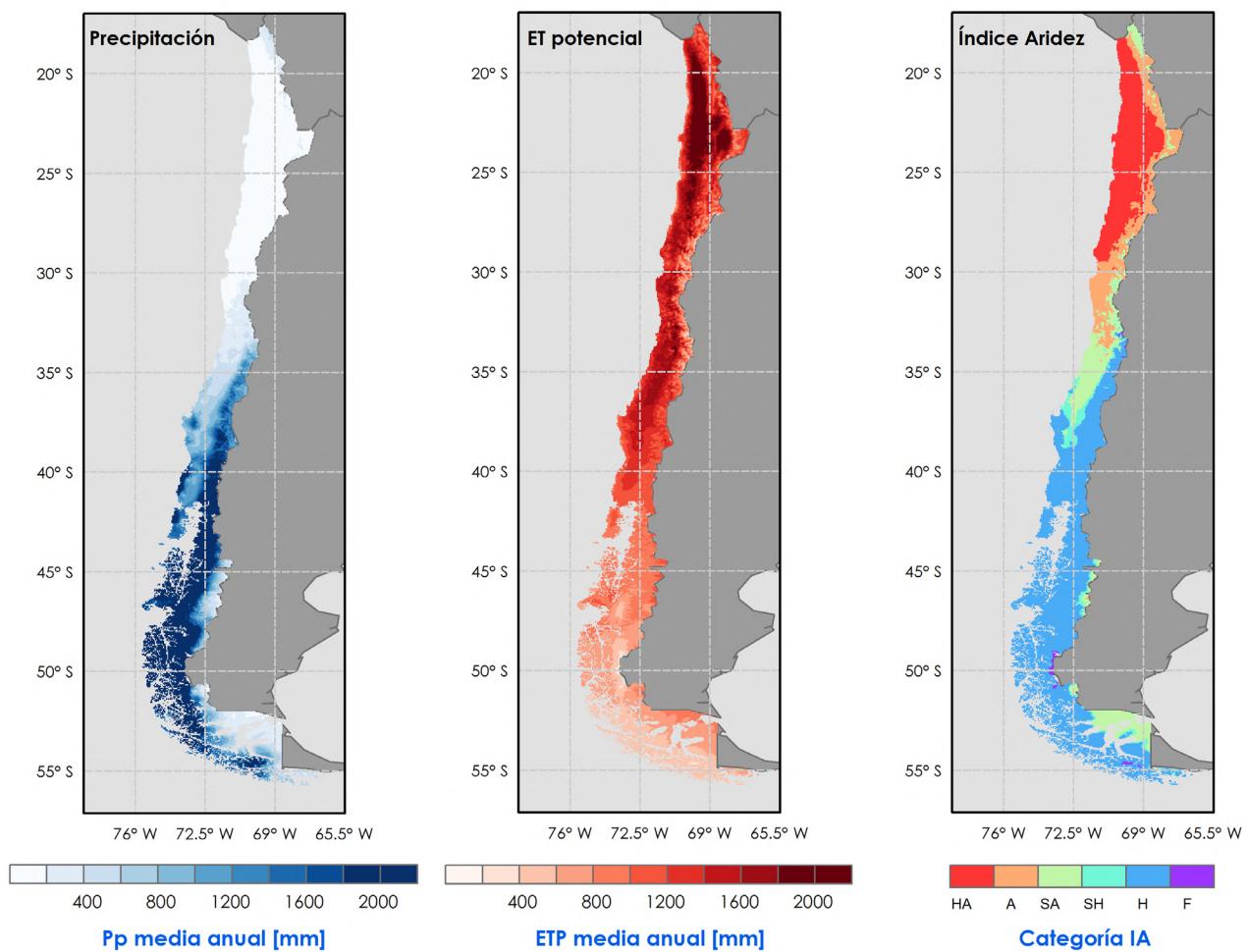


Figura 24. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez para periodo lejano (2081-2100) y escenario SSP5-8.5.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

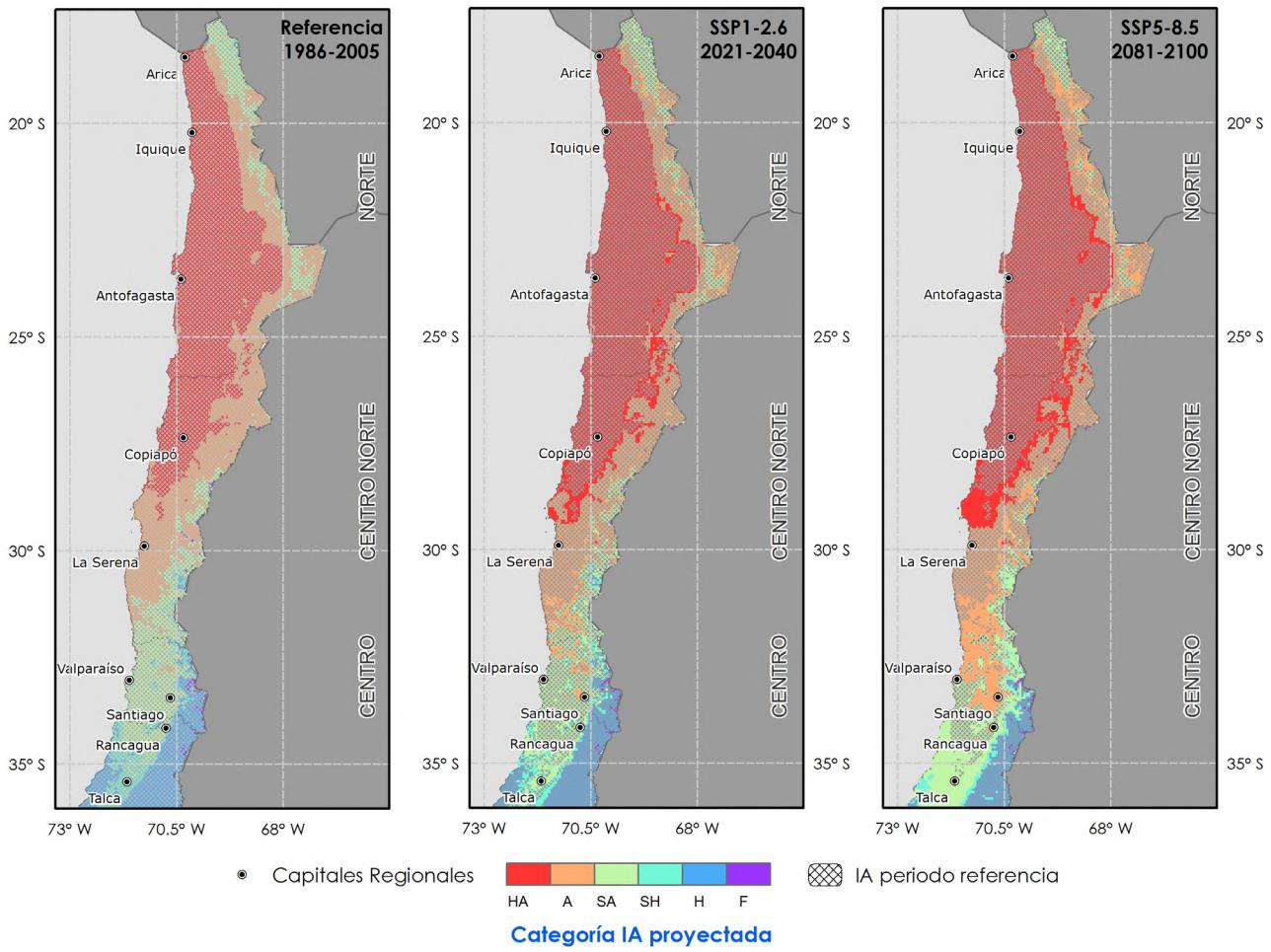


Figura 25. Transiciones del Índice de Aridez respecto del período de referencia 1986-2005 para el escenario SSP1-2.6 en período 2021-2040 y escenario SSP5-8.5 en período 2081-2100, para las macrozonas Norte, Centro Norte y Centro.

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: Se presenta en el panel de la izquierda la situación histórica. Se presentan en los paneles de la derecha, en color sólido, aquellas zonas que pasan a una categoría más árida del IA.

Nota 2: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

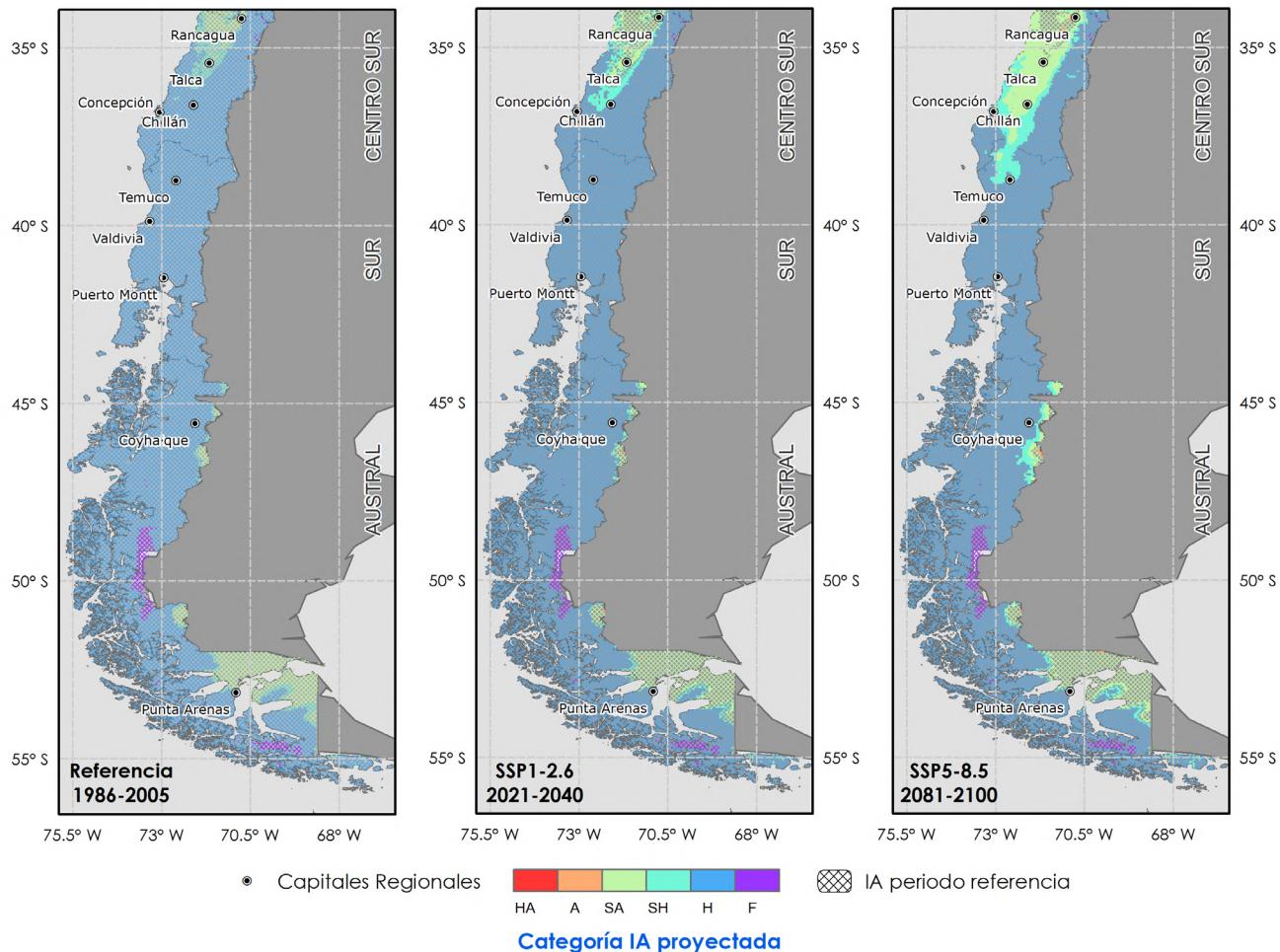


Figura 26. Transiciones del Índice de Aridez respecto del periodo de referencia 1986-2005 para el escenario SSP1-2.6 en periodo 2021-2040 y escenario SSP5-8.5 en período 2081-2100, para las macrozonas Centro Sur, Sur y Austral.

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: Se presenta en el panel de la izquierda la situación histórica. Se presenta en los paneles de la derecha, en color sólido, aquellas zonas que pasan a una categoría más árida del IA.

Nota 2: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

Para mostrar la diversidad de posibles resultados al considerar las incertidumbres asociadas a los modelos y los escenarios de emisión se presentan a continuación las Funciones de Densidad de Probabilidades (PDF) empíricas que muestran la distribución de resultados entre distintos GCM (Figuras 28 a 30). Los rangos en estas PDF muestran la superficie total de cada macrozona (o del país) que aumenta en términos netos de categoría de aridez (ej. se transforma de una clase semi-árida a una clase árida), expresada en términos porcentuales respecto del tamaño de la macrozona (del país). Las Figuras presentan 3 ejemplos de análisis (resultados completos se pueden encontrar en Anexos). La Figura 28 presenta las funciones de densidad de probabilidad de modelos que indican distintos niveles de aumento en categoría de aridez para todas las macrozonas considerando el escenario de emisión SSP1-2.6 y periodo de tiempo 2021-2040. La Figura 29 presenta la misma información pero para el escenario de emisión SSP5-8.5 y periodo de tiempo 2081-2100. En el caso del escenario más optimista (SSP1-2.6 para un periodo cercano) vemos que a nivel país los modelos tienden a concentrarse en una proyección de aridificación que se centra entre un 5 y un 15%. Este proceso de aridificación ocurre en todas las macrozonas con excepción de la macrozona Austral. Las macrozonas Centro y Centro Norte son las que muestran los potenciales cambios más grandes llegando en algunos casos a una aridificación del orden del 50% de la superficie de la macrozona. Vemos también que para este mismo escenario existe una fracción menor de modelos que muestran un proceso inverso, es decir la superficie que tiende a reducir de categoría de aridez. Este cambio ocurre principalmente en las macrozonas Norte y Centro Norte. En el caso del escenario más pesimista (SSP5-8.5 para un periodo lejano) el proceso de aridificación se intensifica. A nivel país el proceso de aridificación se concentra entre un 20 y un 30%. La señal a nivel de macrozonas se mantiene. La macrozona que tendría el mayor cambio relativo es la macrozona Centro Sur con una aridificación esperada de más del 40% de su superficie. Finalmente la Figura 30 presenta el análisis para la totalidad del país considerando todos los escenarios de emisión y todos los periodos de tiempo. Se puede apreciar en las figuras que en general tenemos una situación de aridificación del país que es más prevalente en el escenario de mayor nivel de emisiones y para un periodo lejano. A nivel país en un periodo cercano no se ven diferencias importantes entre los escenarios de emisión de GEI con una aridificación esperada entre los 25.000 y 50.000 km². Esta condición se mantiene para el caso del escenario más optimista, sin embargo, en los periodos intermedios y lejano se aprecian diferencias importantes entre escenarios llegando a existir una aridificación esperada en torno a los 180.000 km² (cerca de un 25% de la superficie del país) para el escenario más pesimista en el periodo lejano.

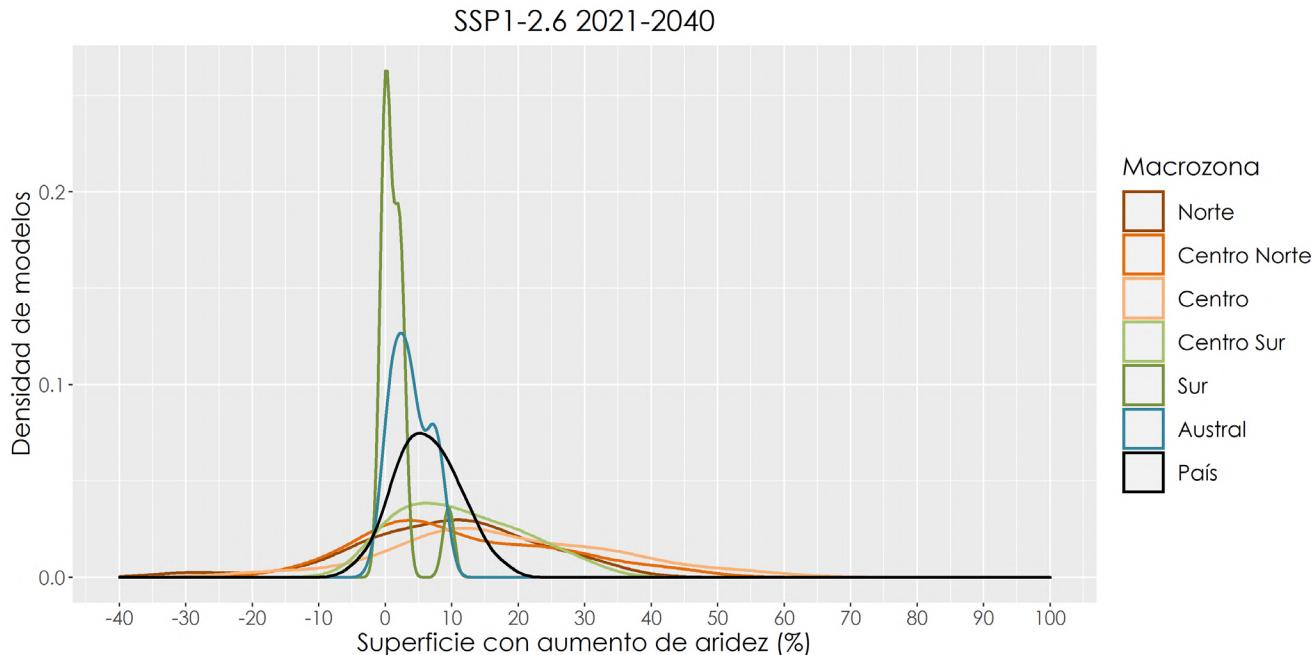


Figura 27. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP1-2.6 y periodo 2021-2040.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

Fuente: Elaboración propia.

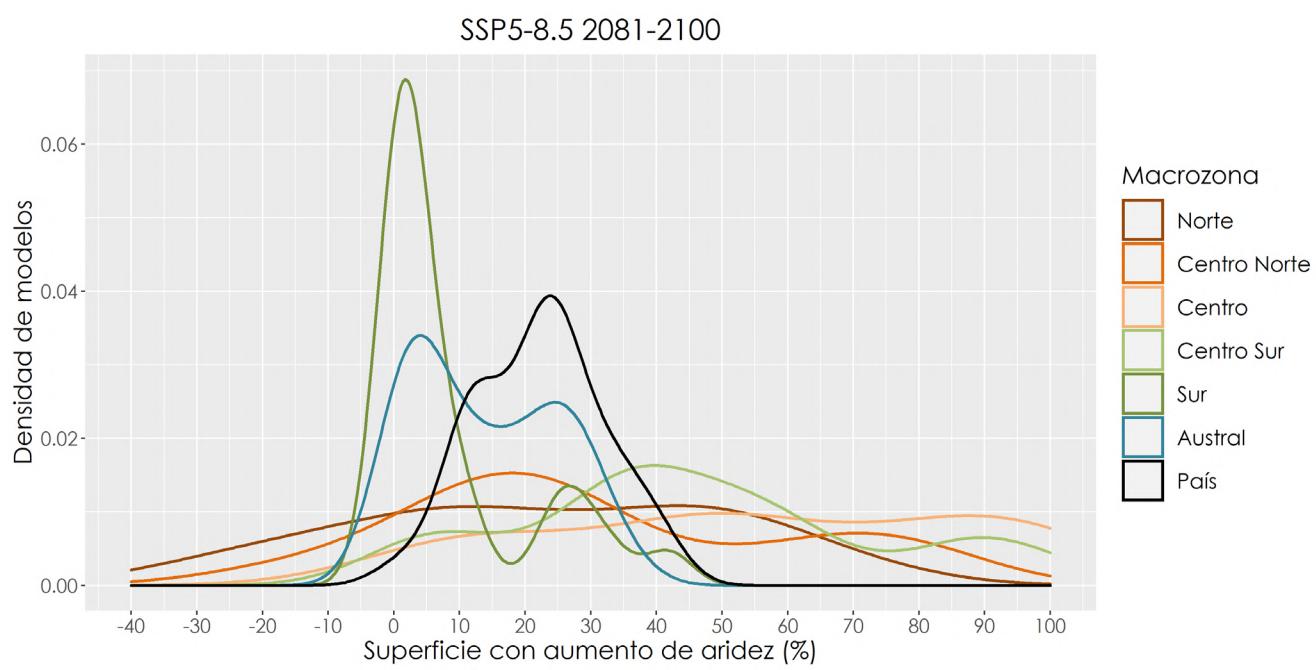


Figura 28. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP585 y período 2081-2100.
Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

Fuente: Elaboración propia.

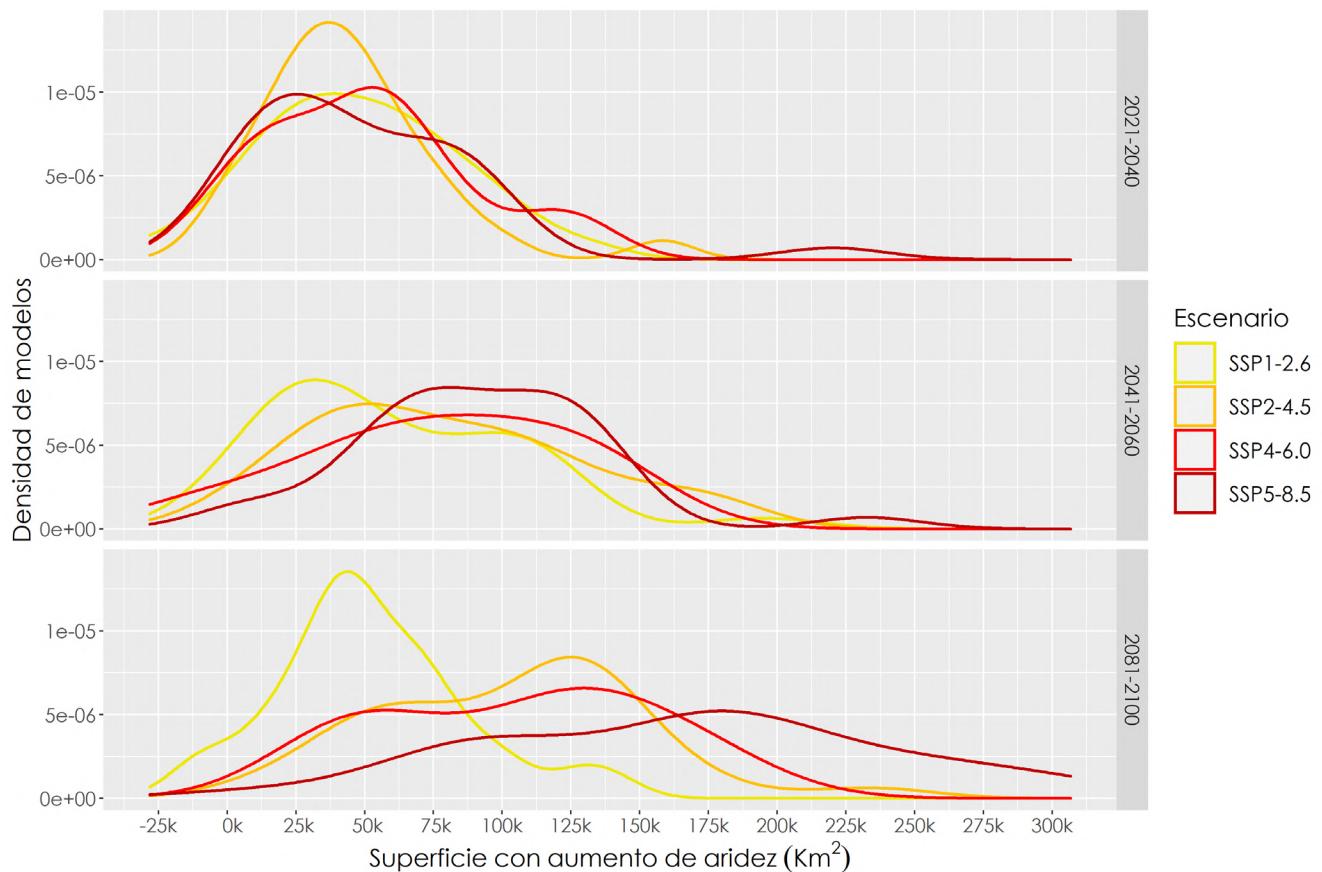


Figura 29. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para todos los escenarios de emisión. Se presentan los resultados a nivel país para el a) periodo 2021-2040; b) periodo 2041-2060 y ; c) 2081-2100.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

Fuente: Elaboración propia.

5. Discusión y conclusiones

El proceso de toma de decisiones en la acción climática tiene que ser basado en la mejor información disponible. Parte de esta información tiene relación con los escenarios climáticos que afectan al país. Al respecto se ha realizado en este documento una revisión extensiva de los nuevos escenarios climáticos disponibles a partir del Sexto Informe de Evaluación del IPCC. En este análisis se ha considerado la comparación con los resultados de escenarios previos, así como un análisis de la diversidad geográfica y temporal, así como el impacto que generan los distintos escenarios de emisión de gases de efecto invernadero. A partir de los análisis realizados se pueden desprender las siguientes conclusiones:

- Respecto de la comparación entre los modelos CMIP5 y CMIP6, las tendencias y sentido de cambio son similares a nivel regional (cono sur de Sudamérica) y para el caso particular de Chile. Las principales tendencias que se pueden detectar son:
 - Respecto de las precipitaciones: En el área estudiada no existe una tendencia común o única. Existen zonas, como por ejemplo la cuenca del Río de la Plata, en donde la precipitación tiende a aumentar y en otras, como por ejemplo el centro sur de Chile, tiende a disminuir. Existen zonas con alto nivel de incertidumbre del sentido de cambio como por ejemplo la zona norte de Chile.
 - Respecto de las temperaturas: En el área estudiada todos los cambios de temperatura son positivos, independiente de la celda de grilla analizada con alzas mayores hacia el centro del continente alejándose de la influencia de los océanos.
 - Respecto de la evapotranspiración potencial (ETP): En toda el área estudiada se aprecian aumentos en las tasas de evapotranspiración potencial. Estos cambios tienden a ser porcentualmente mayores en las zonas de la cordillera de Los Andes.
 - Pese a la robustez del sentido de cambio, existe incertidumbre respecto de la intensidad del cambio esperado. En términos generales este tiende a aumentar mientras mayor el escenario de emisión o más lejos en el siglo XXI. Las diferencias entre modelos disminuyen también para escenarios con mayores niveles de emisión y periodos más lejanos.
- Concentrándose en los resultados para el caso de Chile, la división por macrozonas permite identificar un patrón latitudinal y altitudinal de los cambios, tanto en temperatura como en precipitación y evapotranspiración.
 - Respecto de las precipitaciones, en la macrozona Norte no es posible distinguir una señal de cambio claro existiendo gran dispersión entre modelos. A partir de la macrozona Centro Norte hasta la macrozona Sur existe una clara señal de reducción de precipitaciones cuya mayor intensidad se encuentra en las macrozonas Centro y Centro Sur. En la macrozona Austral las precipitaciones tienen cambios muy bajos con poca claridad respecto de la dirección de cambio. Las zonas bajo los 1.000 m.s.n.m. presentan mayor severidad en la disminución de las precipitaciones respecto las zonas sobre esta elevación.
 - Respecto de las temperaturas, el patrón indica en términos generales mayores aumentos en zonas altas y alejadas del océano (ej. zona alta en macrozona Norte). Las zonas altas reportan incrementos mayores en estos cambios respecto de las zonas bajas. En la literatura este fenómeno se conoce como Elevation Dependent Warming (EDW) (Pepin et al., 2015). A medida que se avanza hacia el sur, la dispersión de los modelos disminuye. Esto no implica que también lo haga la incertidumbre pues esta depende de los umbrales definidos (dirección y no magnitud): 50% en precipitación y 1,5°C en temperaturas.
 - Respecto de la evapotranspiración potencial (variable principalmente afectada por cambios en temperatura) los cambios muestran de manera muy consistente un aumento en

los niveles para todos los escenarios, periodos y macrozonas estudiadas. El efecto es especialmente importante en las zonas altas en cordillera.

- Al integrar los resultados de precipitación y evapotranspiración (asociado a temperatura) en un único índice de aridez se puede apreciar que, salvo el escenario de menor nivel de emisión y para un periodo temprano, prácticamente todos los modelos indican que existen zonas del país que se volverán más áridas. Los cambios esperados implican un aumento de la frontera de la zona hiperárida extendiéndose hacia la cordillera y hacia el sur. La zona árida y semiárida también se extiende hacia el sur del país. En el caso más extremo (SSP5-8.5 y período 2081-2100) en torno a 180.000 km² del territorio podrían volverse más áridos (es decir, una superficie equivalente a un cuarto de la superficie del país). En este escenario la zona central del país (regiones de Valparaíso y Metropolitana) pasan de tener un clima semiárido a un clima árido. En este mismo escenario la zona centro sur (hasta la región del Biobío) pasa de tener un clima húmedo a un clima subhúmedo seco y semiárido. La macrozona norte es el único lugar del país donde puede haber una disminución en las categorías de aridez. A nivel país se puede afirmar casi con certeza que existiría una aridificación del país en el futuro salvo en el escenario de menor emisiones donde existen algunos modelos que muestran o un cambio muy leve o una disminución en la aridificación. Para el resto de los casos la aridificación aumenta especialmente para los escenarios de mayor nivel de emisiones y periodos de tiempo más lejanos.

6. Referencias

- Bambach, N., Morales-Moraga, D., Meza, F. . Modelación climática. (2019). En J. C. Castilla, F. J. Meza, S. Vicuña, P. A. Marquet, & J. P. Montero, Cambio Climático en Chile: ciencia, mitigación y adaptación (pp. 57-70). Ediciones UC.
- Barros, V. R., Boninsegna, J. A., Camilloni, I. A., Chidiak, M., Magrín, G. O., & Rusticucci, M. (2015). Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 6(2), 151-169.
- Bland, M. (2015). An introduction to medical statistics. Oxford University Press (UK).
- Boisier, J., Alvarez-Garretón, C., Cordero, R., Damiani, A., Gallardo, L., Garreaud, R., ... Rondanelli, R. (2018). Anthropogenic drying in central-southern Chile evidenced by long-term observations and climate model simulations. Elem Sci Anth, 6(74), 1-20.
- Bourdeau-Goulet, S. C., & Hassanzadeh, E. (2021). Comparisons Between CMIP5 and CMIP6 Models: Simulations of Climate Indices Influencing Food Security, Infrastructure Resilience, and Human Health in Canada. Earth's Future, 9(5), e2021EF001995.
- DGA (2018). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL EN LAS CUENCAS DE LAS MACROZONAS NORTE Y CENTRO, SIT N° 435. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios Planificación, Santiago, Chile. Realizado por Fundación para la Transferencia Tecnológica y Pontificia Universidad Católica de Chile.
- DGA-DICTUC.(2021). Estudio de perfeccionamiento de las capacidades de la DGA en gestión de ciclos de sequía y escasez. 495 p.
- Do, H.X., S. Westra y M. Leonard, 2017: A global-scale investigation of trends in annual maximum streamflow. J. Hydrol., 552, 28-43.
- Doyle, M. E., & Barros, V. R. (2011). Attribution of the river flow growth in the Plata Basin. International Journal of Climatology, 31(15), 2234-2248.
- Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the coupled model intercomparison project phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. Geoscientific Model Development, 9(5), 1937– 1958.
- Fuss, S., Canadell, J. G., Peters, G. P., Tavoni, M., Andrew, R. M., Ciais, P., ... & Yamagata, Y. (2014). Betting on negative emissions. Nature climate change, 4(10), 850-853.
- Garreaud, R.D., Alvarez-Garreton, C., Barichivich, J., Boisier, J.P., Christie, D., Galleguillos, M., Le-Quesne, C., McPhee, J. y Zambrano-Bigiarini, M. (2017). The 2010–2015 megadrought in central Chile: impacts on regional hydroclimate and vegetation. Hydrol. Earth Syst. Sci. 21, 6307–6327.
- Garreaud, R.D., Boisier, J.P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H.H. y Veloso-Aguila, D. (2019). The Central Chile Mega Drought (2010–2018): A climate dynamics perspective. Int. J. Climatol. 40(1), 421-439.
- Giorgi, F. (2005). Climate change prediction. Climatic Change, 73(3), 239-265.
- Hargreaves, G. H., & Allen, R. G. (2003). History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. Journal of irrigation and drainage engineering, 129(1), 53-63.
- IPCC, 2016: Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Scenarios [Riahi, K., J.C. Minx, V. Barros, M. Bustamante, T. Carter, O. Edenhofer, C. Field, E. Kriegler,

J.-F. Lamarque, K. Mach, R. Mathur, B. O'Neill, R. Pichs-Madruga, G.-K. Plattner, D. Qin, Y. Sokona, T. Stocker, T. Zhou, J. Antle, N. Arnell, J. Edmonds, S. Emori, P. Friedlingstein, J. Fuglestvedt, F. Joos, H. Lotze-Campen, X. Lu, M. Meinshausen, N. Nakicenovic, M. Prather, B. Preston, N. Rao, J. Rogelj, J. Rozenberg, P.R. Shukla, J. Skea, C. Tebaldi, D. van Vuuren (eds.)]. IPCC Working Group III Technical Support Unit, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany, pp. 57.

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

Meinshausen, M., Nicholls, Z. R., Lewis, J., Gidden, M. J., Vogel, E., Freund, M., ... & Wang, R. H. (2020). The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. *Geoscientific Model Development*, 13(8), 3571-3605.

Middleton N. J. y D. S. G. Thomas (editores) (1997). *World Atlas of Desertification*. Londres: Arnold.

Newcombe, R. G. (1998). Two-sided confidence intervals for the single proportion: comparison of seven methods. *Statistics in medicine*, 17(8), 857-872.

Pépin, N., Bradley, R. S., Diaz, H. F., Baraër, M., Caceres, E. B., Forsythe, N., ... & Mountain Research Initiative EDW Working Group. (2015). Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. *Nature climate change*, 5(5), 424-430.

Pica-Téllez, A.; Garreaud, R.; Meza, F.; Bustos, S.; Falvey, M.; Ibarra, M.; Duarte, K.; Ormazábal, R.; Dittborn, R. & Silva, I. 2020. Informe Proyecto ARCLIM: Atlas de Riesgos Climáticos para Chile, Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, Centro de Cambio Global UC y Meteodata para el Ministerio del Medio Ambiente a través de La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Santiago, Chile.

Schulzweida, U., Kornblueh, L., & Quast, R. (2006). CDO user's guide. *Climate data operators*, Version, 1(6), 205-209.

Stehr A., C. Álvarez, P. Álvarez, J. L. Arumí, C. Baeza, R. Barra, C. A. Berroeta, Y. Castillo, G. Chiang, D. Cotoras, S. A. Crespo, V. Delgado, G. Donoso, A. Dussaillant, F. Ferrando, R. Figueroa, C. Frêne, R. Fuster, A. Godoy, T. Gómez, E. Holzapfel, C. Huneeus, M. Jara, C. Little, K. Lizama, M. Musalem, M. Olivares, O. Parra, R. D. Ponce, D. Rivera, I. Rodríguez, A. Sepúlveda, M. Somos, F. Ugalde, R. Urrutia, M. Valenzuela, C. Vargas, X. Vargas, S. Vásquez, I. L. Vera, S. Vicuña, G. Vidal y M. Yévenes (2019). Recursos hídricos en Chile: Impactos y adaptación al cambio climático. Informe de la mesa Agua. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Stocker, T. (Ed.). (2014). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge university press.

Rogelj, J., Popp, A., Calvin, K. V., Luderer, G., Emmerling, J., Gernaat, D., ... & Tavoni, M. (2018). Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5 C. *Nature Climate Change*, 8(4), 325-332.

Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., ... & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change*, 109(1), 5-31.

Vicuña, S., Reyes-Mendy, F., Opazo, V., Pica-Téllez, A. (2019). *Escenarios Futuros y Políticas Internacionales de Mitigación*. En J. C. Castilla, F. J. Meza, S. Vicuña, P. A. Marquet, & J. P. Montero, *Cambio Climático en Chile: ciencia, mitigación y adaptación* (pp. 235-274). Ediciones UC.

Zamani, Y., Monfared, S. A. H., & Hamidianpour, M. (2020). A comparison of CMIP6 and CMIP5 projections for precipitation to observational data: the case of Northeastern Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 142(3), 1613-1623.

7. Anexos

a. Anexo I: Glosario

- **AR:** Reporte de evaluación del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). El sexto es el último informe publicado a partir de 2021 (para el WGI).
- **Cambio Climático:** Variación del estado del clima de acuerdo al cambio en el valor y/o variabilidad de sus medias o propiedades, verificadas estadísticamente. Se identifica por ser persistente en el tiempo, como decenios o períodos mayores.
- **CMIP:** Proyecto asociado de intercomparación de modelos acoplados de proyección climática.
- **Ensemble:** Conjunto de simulaciones de modelos que caracterizan una proyección climática en base a sus condiciones iniciales y forzamiento.
- **Forzamiento radiativo:** Cambio en el flujo energético causado por un elemento impulsor y cuantificado en la parte superior de la atmósfera en W/m^2 .
- **Forzantes:** Corresponde a una serie de elementos que condicionan el comportamiento de un sistema, dadas sus propiedades.
- **GCM:** Modelos de Circulación General de la atmósfera, utilizados para realizar simulaciones climáticas globales bajo distintos escenarios.
- **GEI:** Gases de Efecto Invernadero, gases atmosféricos que absorben y emiten radiación en el espectro del infrarrojo. Los principales GEI son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y el ozono (O_3).
- **IPCC:** Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (en inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change).
- **Incertidumbre:** Estado de conocimiento incompleto que puede deberse a falta de información, falta de conocimiento, imprecisión en las medidas, u a desacuerdo en los parámetros de base de construcción de modelos.
- **Modelo climático:** Representación numérica del sistema climático basada en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, en sus interacciones y en sus procesos de retroalimentación, y que recoge todas o algunas de sus propiedades conocidas.
- **Proyección climática:** Respuesta del sistema climático basada en simulaciones en diversos escenarios de emisiones de GEI.
- **RCP:** Escenarios representativos de evolución de emisiones GEI (en inglés: Representative Concentration Pathways) para CMIP5.
- **SSP:** Escenarios socioeconómicos compartidos de evolución de emisiones GEI (en inglés: Shared Socio-economics Pathways) para CMIP6.

b. Anexo II. Modelos seleccionados

Tabla AII-1. Modelos CMIP5 y CMIP6 utilizados en el presente estudio. Se indica con una X el escenario disponible en cada caso.

Proyecto	Institución	País	Modelo	RCP / SSP			
				2.6	4.5	6	8.5
CMIP5	Australian Community Climate and Earth System Simulator	Australia	ACCESS1.0		X		X
			ACCESS1.3		X		X
	Beijing Climate Center	China	bcc.csm1.1	X	X	X	X
			bcc.csm1.1.m	X	X	X	X
	Beijing Normal University – Earth System Model	China	BNU.ESM	X	X		X
	Canadian Earth System Model	Canadá	CanESM2	X	X		X
	National Centre for Atmospheric Research	Italia	CCSM4	X	X	X	X
	NSF-DOE-NCAR	USA	CESM1.BGC		X		X
			CESM1.CAM5	X	X	X	X
			CESM1.WACCM	X	X		X
	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici	Italia	CMCC.CESM				X
			CMCC.CM		X		X
			CMCC.CMS		X		X
	National Centre for Meteorological Research and Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique	Francia	CNRM.CM5	X	X		X
	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation	Australia	CSIRO.Mk3.6.0	X	X	X	X
			CSIRO.Mk3L.1.2		X		
	European EC-Earth consortium	Europa	EC.EARTH		X		X
	Institute of Atmospheric Physics	China	FGOALS.g2	X	X		X
			FGOALS.s2		X		X
	First Institute of Oceanography	China	FIO.ESM	X	X	X	X
	NOAA Geophysical Fluids Dynamic Laboratory	USA	GFDL.CM3	X	X	X	X
			GFDL.ESM2G	X	X	X	X
			GFDL.ESM2M	X	X	X	X

CMIP5	NASA Goddard Institute for Space Studies	USA	GISS.E2.H	X	X	X	X
			GISS.E2.H.CC		X		X
			GISS.E2.R	X	X	X	X
			GISS.E2.R.CC		X		X
	MetOffice	UK	HadGEM2.AO	X	X	X	X
			HadGEM2.CC		X		X
			HadGEM2.ES	X	X	X	X
	Russian Institute for Numerical Mathematics	Rusia	inmcm4		X		X
	Institut Pierre-Simon Laplace	Francia	IPSL.CM5A.LR	X	X	X	X
			IPSL.CM5A.MR	X	X	X	X
			IPSL.CM5B.LR		X		X
CMIP6	Marine-Earth Science and Technology	Japón	MIROC.ESM	X	X	X	X
			MIROC.ESM.CHEM	X	X	X	X
			MIROC5	X	X	X	X
	Max-Planck-Institut für Meteorologie	Alemania	MPI.ESM.LR	X	X		X
			MPI.ESM.MR	X	X		X
	Meteorological Research Institute	Japón	MRI.CGCM3	X	X	X	X
			MRI.ESM1				X
	Norwegian Climate Center	Noruega	NorESM1.M	X	X	X	X
			NorESM1-ME	X	X	X	X
	Australian Community Climate and Earth System Simulator	Australia	ACCESS.CM2	X	X		X
			ACCESS.ESM1.5	X	X		X
CMIP6	Alfred Wegener Institute	Alemania	AWI.CM.1.1.MR	X	X		X
	Beijing Climate Center	China	BCC.CSM2.MR	X	X		X
	Chinese Academy of Meteorological Sciences	China	CAMS.CSM1.0	X	X		X
	Canadian Earth System Model	Canadá	CanESM5	X	X	X	X
			CanESM5.CanOE	X	X		X
	Chinese Academy of Sciences	China	CAS.ESM2.0	X	X		X
	NSF-DOE-NCAR	USA	CESM2	X	X		X
			CESM2.WACCM	X	X		X
	Tsinghua University - Department of Earth System Science (THU)	China	CIESM	X	X		X

CMIP6	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici	Italia	CMCC.CM2.SR5	X	X		X
			CMCC.ESM2	X	X		X
	National Centre for Meteorological Research and Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique	Francia	CNRM.CM6.1	X	X		X
			CNRM.CM6.1.HR	X	X		X
			CNRM.ESM2.1	X	X	X	X
	Lawrence Livermore National Laboratory	USA	E3SM.1.1				X
			EC.Earth3	X	X	X	X
	European EC-Earth consortium	Europa	EC.Earth3.CC		X		X
			EC.Earth3.Veg	X	X		X
			EC.Earth3.Veg.LR	X	X		X
			FGOALS.f3.L	X	X		X
	Institute of Atmospheric Physics	China	FGOALS.g3	X	X	X	X
			FIO.ESM2.0	X	X		X
	First Institute of Oceanography	China	GFDL.ESM4	X	X		
	NOAA Geophysical Fluids Dynamic Laboratory	USA	GISS.E2.1.G	X	X	X	X
			GISS.E2.1.H	X	X	X	
	NASA Goddard Institute for Space Studies	USA	HadGEM3.GC31.LL	X	X		X
			HadGEM3.GC31.MM	X			X
	MetOffice	UK	IITM.ESM	X	X		X
			KACE.1.0.G	X	X		X
	Indian Institute of Tropical Meteorology	India	INM.CM4.8	X	X		X
			INM.CM5.0	X	X		X
	Russian Institute for Numerical Mathematics	Rusia	IPSL.CM5A2.INCA	X			
			IPSL.CM6A.LR	X	X	X	X
	Institut Pierre-Simon Laplace	Francia	KIEST.ESM	X	X		X
			MCM.UA.1.0	X	X		X
	Centre for Environmental Data Analysis	UK	MIROC.ES2L	X	X		X
			MIROC6	X	X	X	X
	Korea Institute of Ocean Science and Technology	Korea	MPI.ESM1.2.HR	X	X		X
			MPI.ESM1.2.LR	X	X		X
	Department of Geosciences, University of Arizona	USA					
	Marine-Earth Science and Technology	Japón					
	Max-Planck-Institut für Meteorologie	Alemania					

CMIP6	Meteorological Research Institute	Japón	MRI.ESM2.0	X	X		X
			MRI-ESM2-0			X	
	Nanjing University of Information Science and Technology	China	NESM3	X	X		X
	Norwegian Climate Center	Noruega	NorESM2.LM	X	X		X
			NorESM2.MM	X	X		X
	Research Center for Environmental Changes	Taiwan	TaiESM1	X	X		X
	Met Office Hadley Centre	UK	UKESM1-0-LL	X	X		X

c. Anexo III. Explicación del test estadístico utilizado para evaluar incertidumbre entre modelos

La cuantificación del grado de concordancia (certidumbre) de los modelos utilizados en el análisis de cambios climáticos a escala del cono sur, responde a un test de proporciones que busca evaluar la bondad de ajuste observada del número de modelos que cumple con cierta condición (como disminución de precipitaciones o aumento de temperaturas sobre un umbral definido) respecto de un valor esperado predefinido, que tanto en temperatura como precipitación se definen en 50%. Vale decir, si estadísticamente hablando (he ahí la fortaleza del test) más de la mitad de los modelos poseen la tendencia buscada, se establece que existe consenso en que la tendencia es tal, por otra parte, si esto no sucede, se habla de incertidumbre.

La interpretación del test responde a una probabilidad conocida como valor-p, la que responde a las condiciones de la prueba y que se contrasta con una probabilidad de referencia conocida como alfa (α).

En términos prácticos, para el delta de precipitaciones, si la probabilidad que se reporta es lo suficientemente baja respecto de un umbral de referencia, se puede decir con un cierto nivel de confiabilidad de que no se tiene suficiente evidencia estadística para asegurar que el 50% de los modelos reportan disminución de las precipitaciones, sino que puede ser un porcentaje menor (existe un aumento en las precipitaciones en el periodo analizado respecto del de referencia) o mayor (efectivamente más de la mitad de los modelos analizados reportan disminución de lluvias). En el caso de las temperaturas, si la probabilidad que se obtiene desde el test es baja respecto del umbral de referencia, se puede concluir, por falta de evidencia, que no existe motivo para sostener que menos del 50% de los modelos reportan incrementos de temperatura media mayores a 1,5°C, sino que, por el contrario, más de la mitad de los modelos analizados están reportando al menos este valor.

A modo de ejemplo supongamos que para el periodo 2040-2060 para el escenario SSP2-4.5, de los 44 modelos analizados, 30 reportan disminuciones en las precipitaciones y 26 reportan aumentos en temperatura mayores a 1,5°C. En el primer caso, el valor-p reportado de la razón $30/44 = 0,68$ es de 0,024 mientras que en el segundo es de 0,145 de acuerdo con la razón $26/44 = 0,59$. Dado que el valor 0,024 es menor que el umbral $\alpha = 0,05$, se puede concluir que, en términos estadísticos, efectivamente más del 50% de los modelos reportan disminuciones en las precipitaciones. No obstante, en el caso de las temperaturas no se puede concluir que más de la mitad de los modelos presentan aumentos mayores a 1,5°C, dado que el valor-p es mayor a α , incluso cuando la razón obtenida es mayor a 50%. Esto último ocurre dado que se le busca dar mayor robustez a conclusiones derivadas de un número limitado de modelos disponibles, de modo que, aunque las razones difieran del 50% numéricamente, esto no implica a priori un patrón tendencial, sino que debe corroborarse estadísticamente en primer lugar.

d. Anexo IV. Resultados de análisis de cambios proyectados regionales

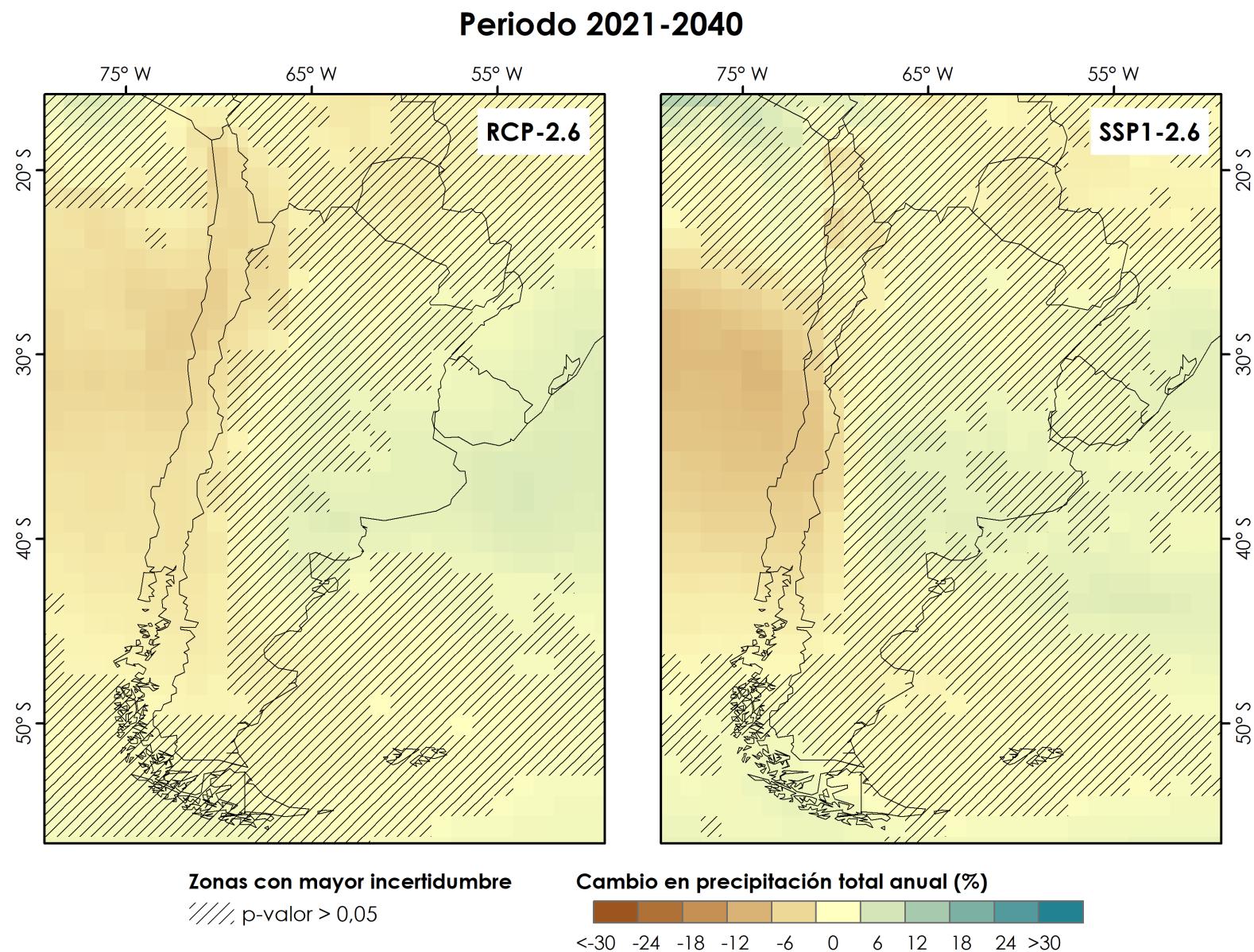


Figura AIV-1. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-2.6 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP1-2.6 para el periodo cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2041-2060

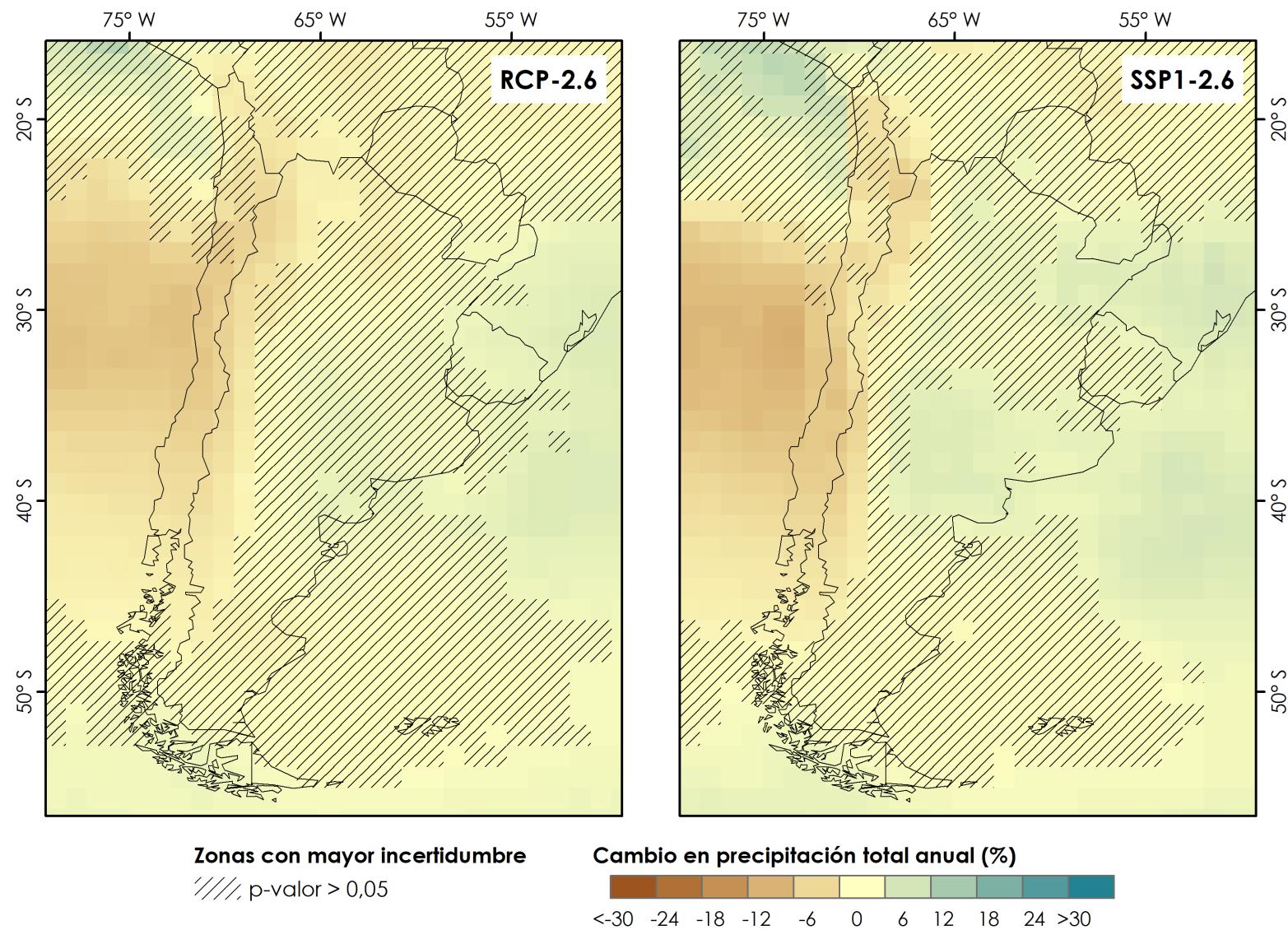


Figura AIV-2. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-2.6 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP1-2.6 para el periodo intermedio (2041-2060), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2081-2100

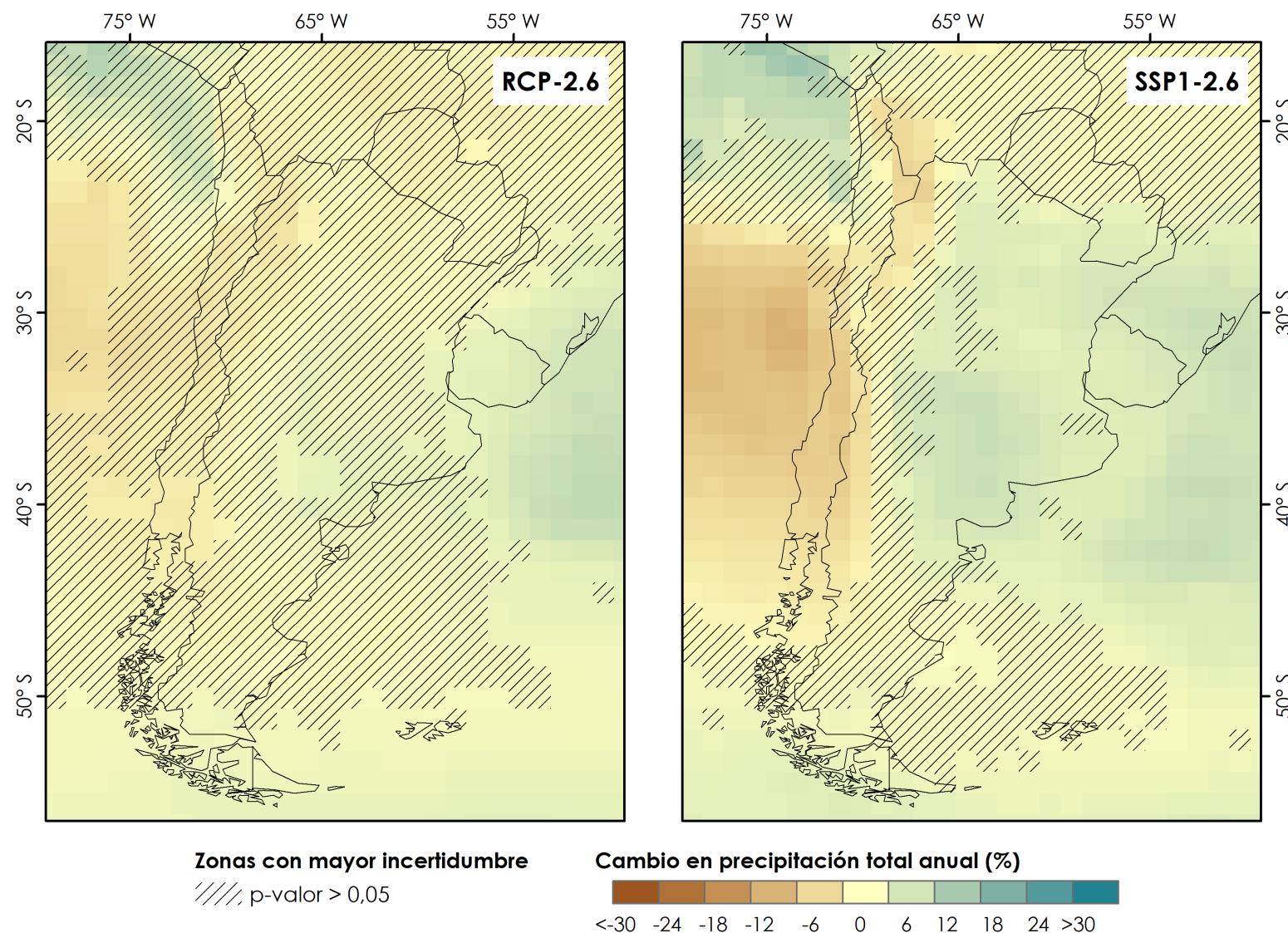


Figura AIV-3. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-2.6 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP1-2.6 para el periodo lejano (2081-2100), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2021-2040

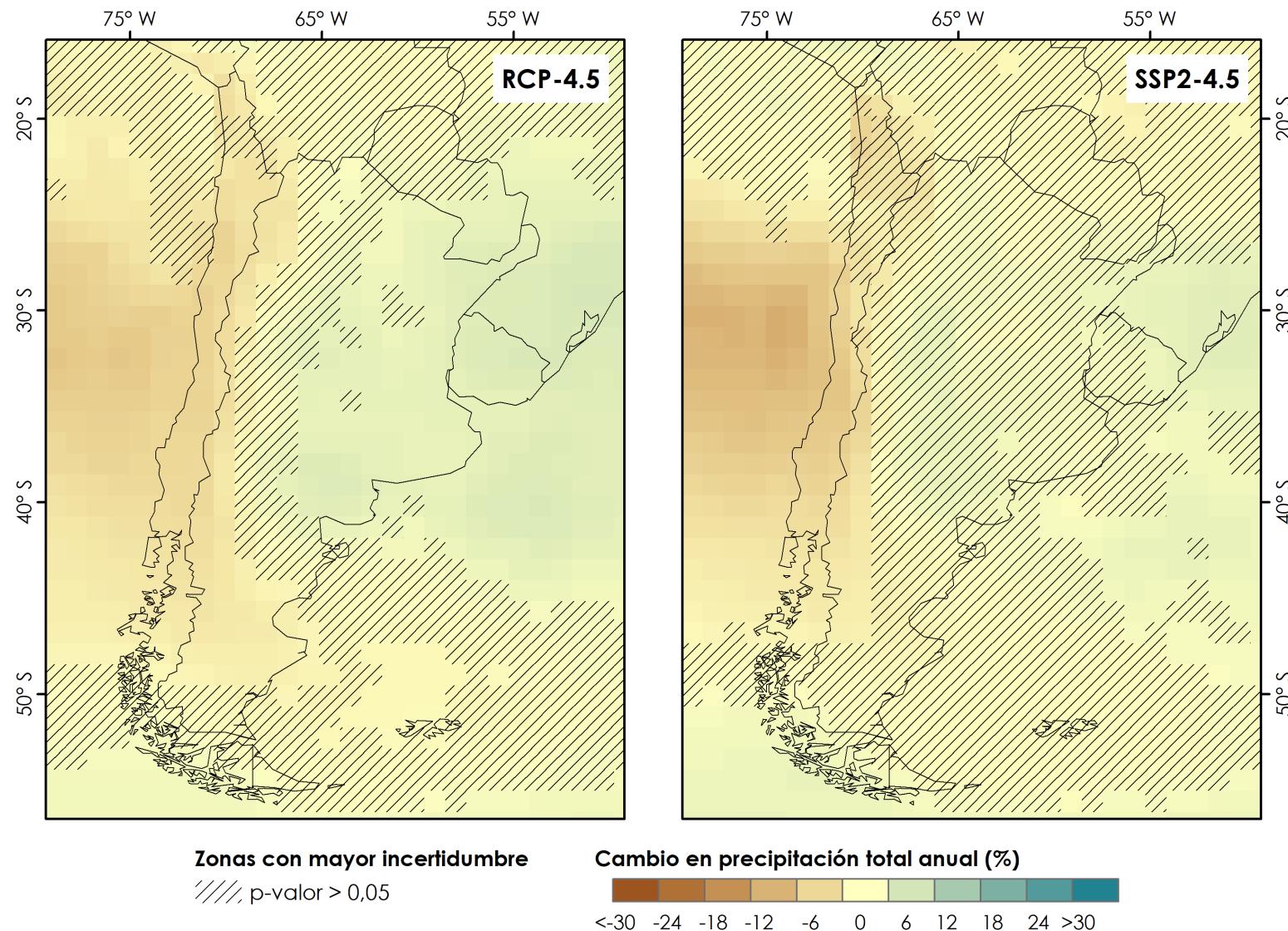


Figura AIV-4. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-4.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP2-4.5 para el periodo cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2041-2060

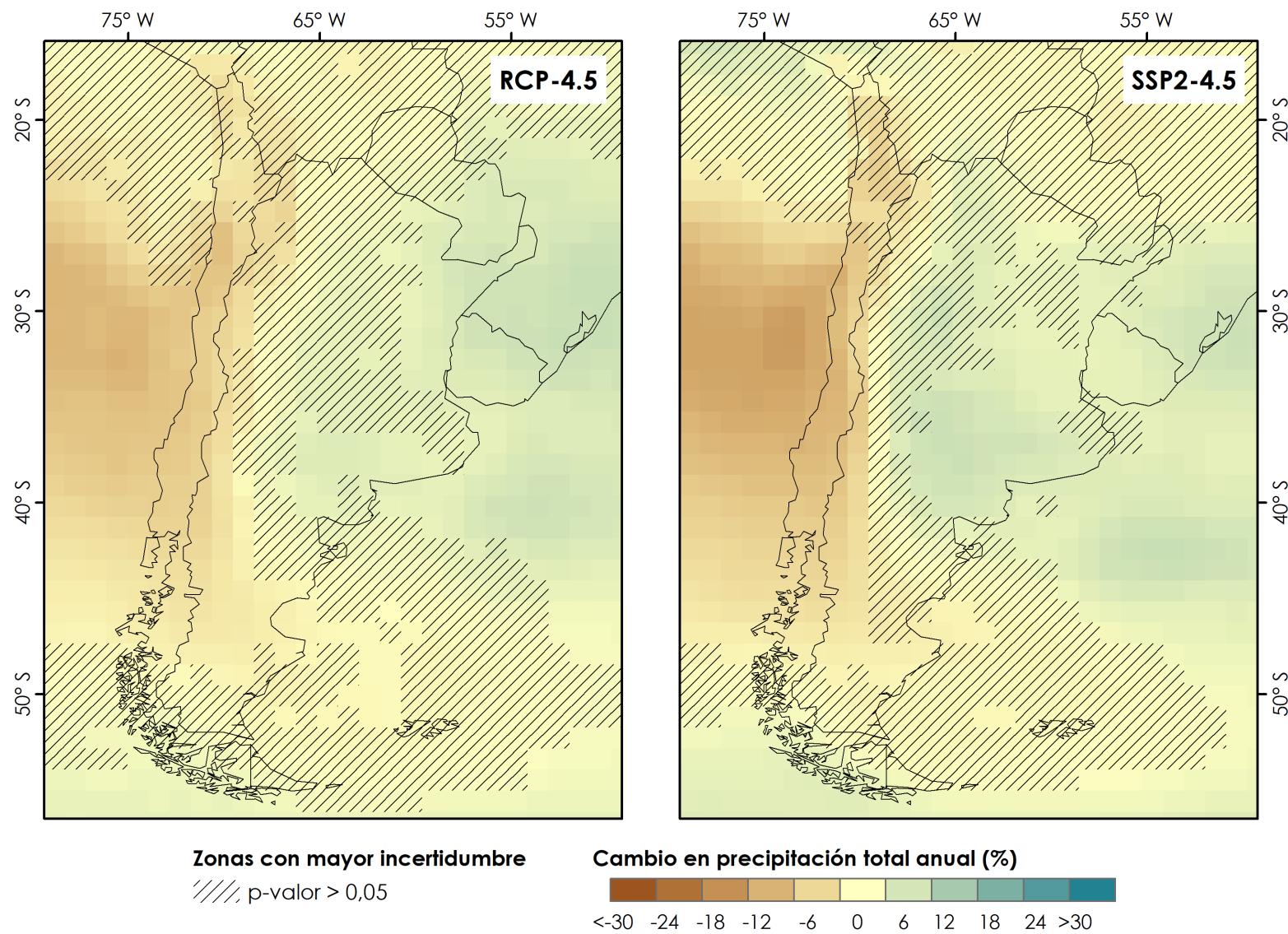


Figura AIV-5. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-4.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP2-4.5 para el periodo intermedio (2041-2060), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2081-2100

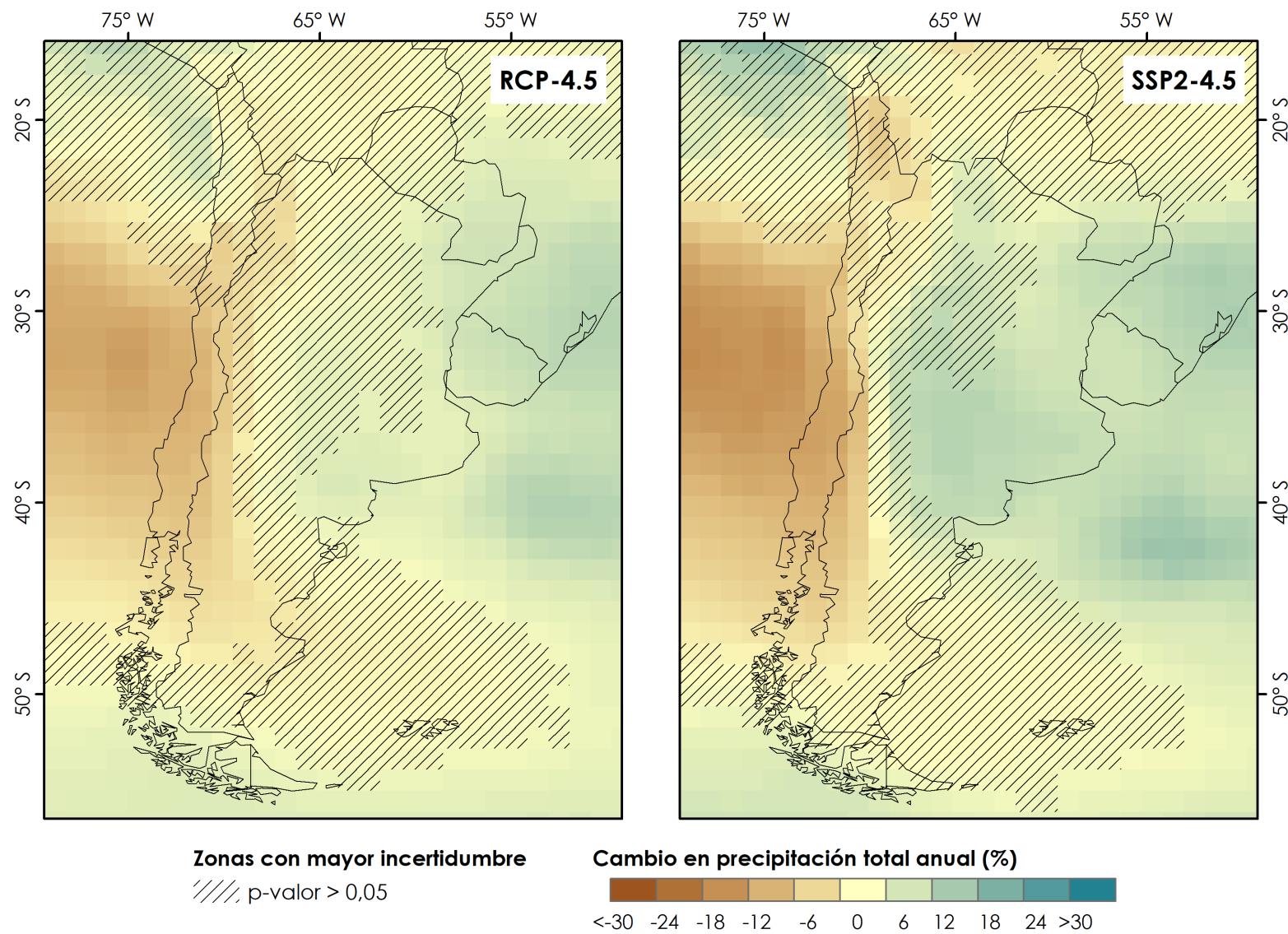


Figura AIV-6. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-4.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP2-4.5 para el periodo lejano (2081-2100), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2021-2040

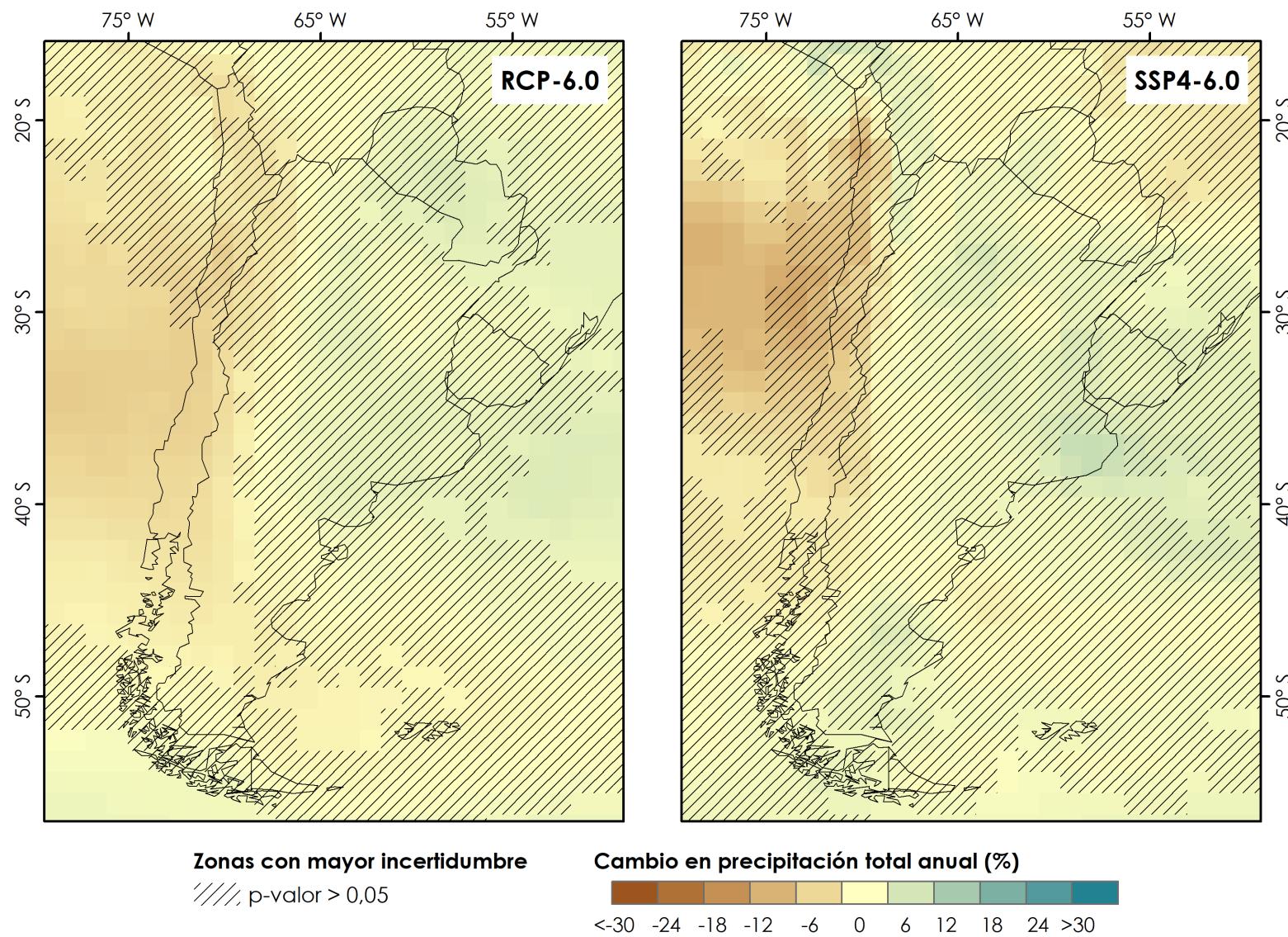


Figura AIV-7. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-6.0 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP4-6.0 para el periodo cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2041-2060

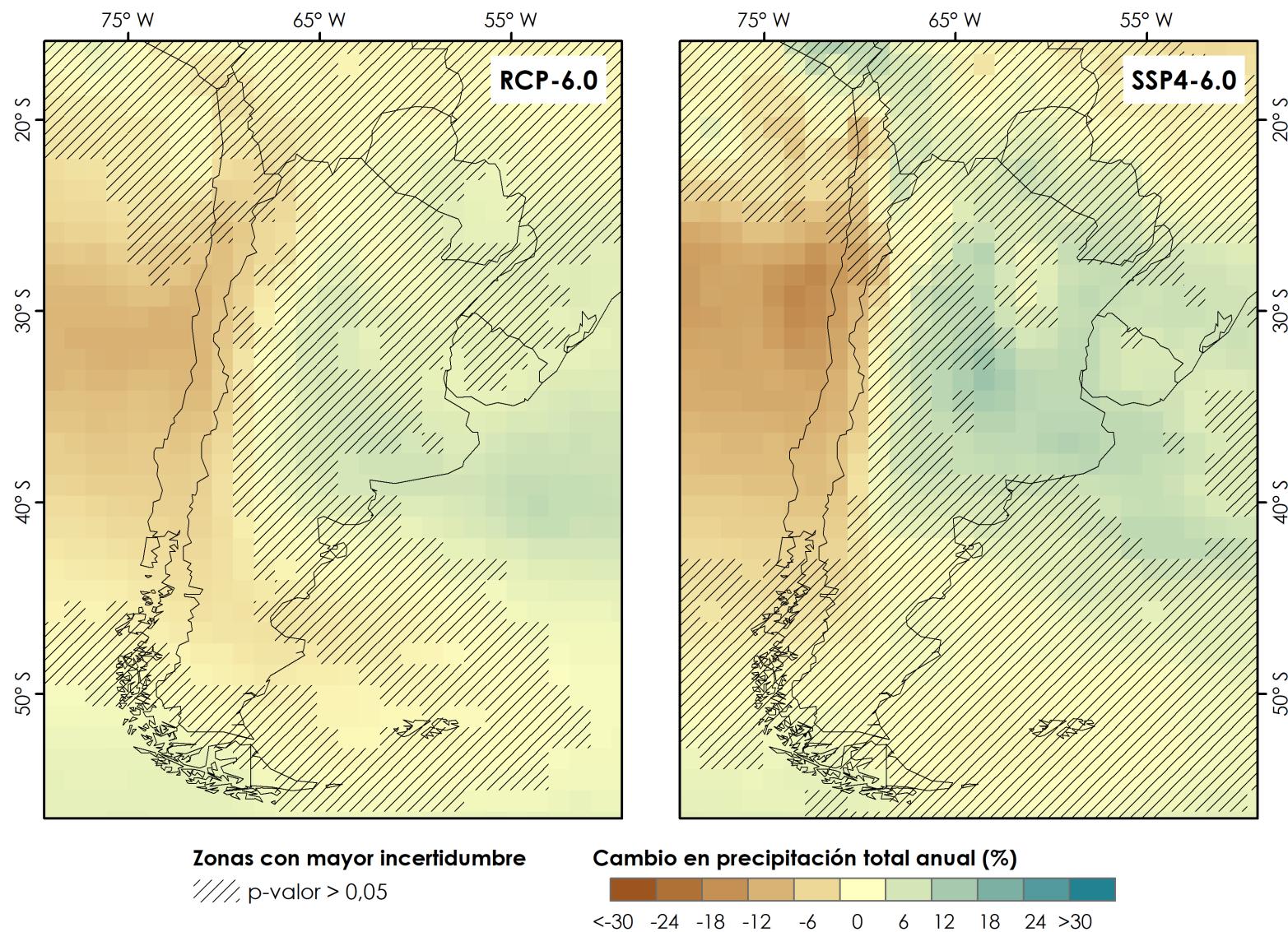


Figura AIV-8. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-6.0 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP4-6.0 para el periodo intermedio (2041-2060), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2081-2100

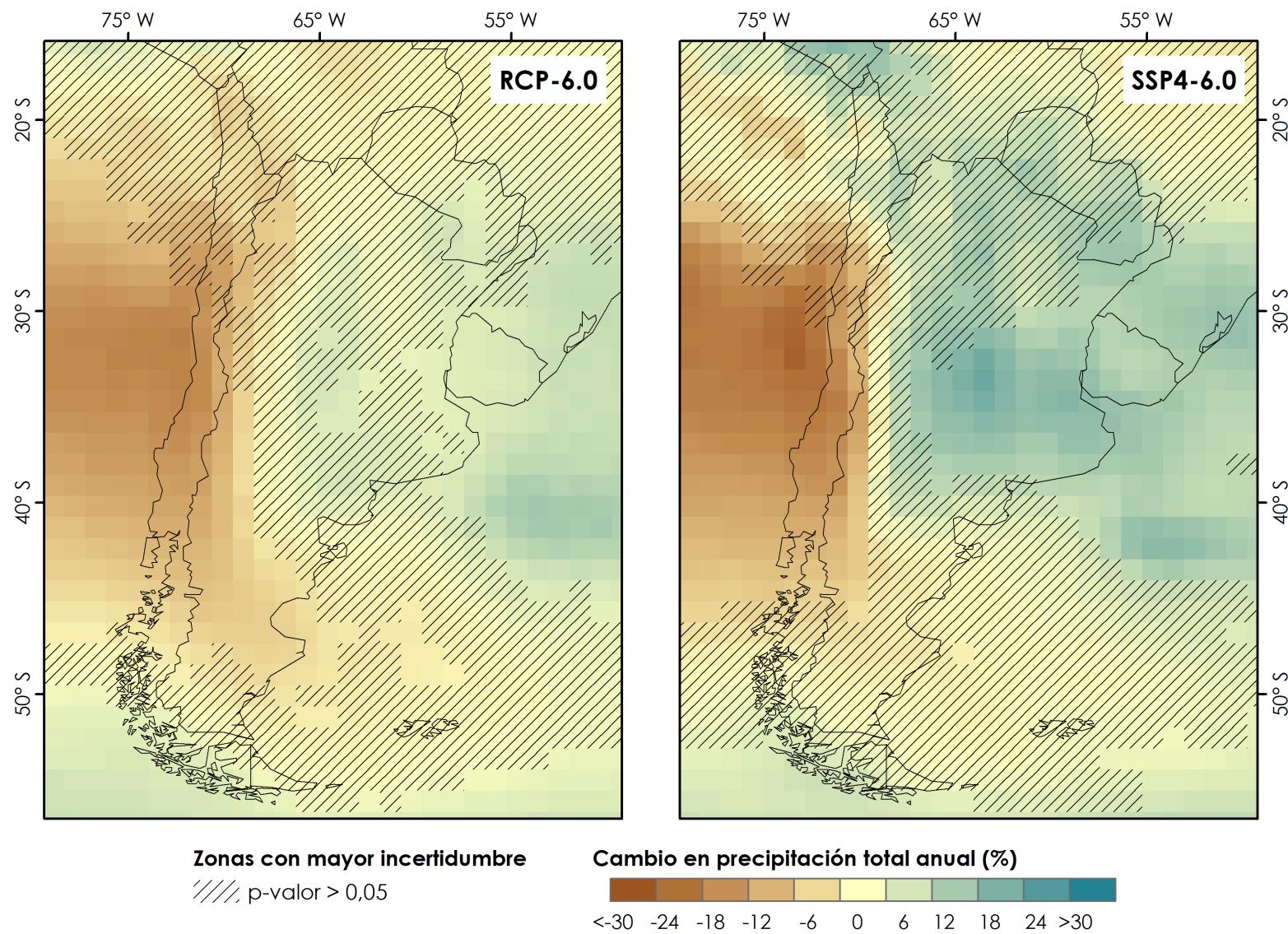


Figura AIV-9. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-6.0 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP4-6.0 para el periodo lejano (2081-2100), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2021-2040

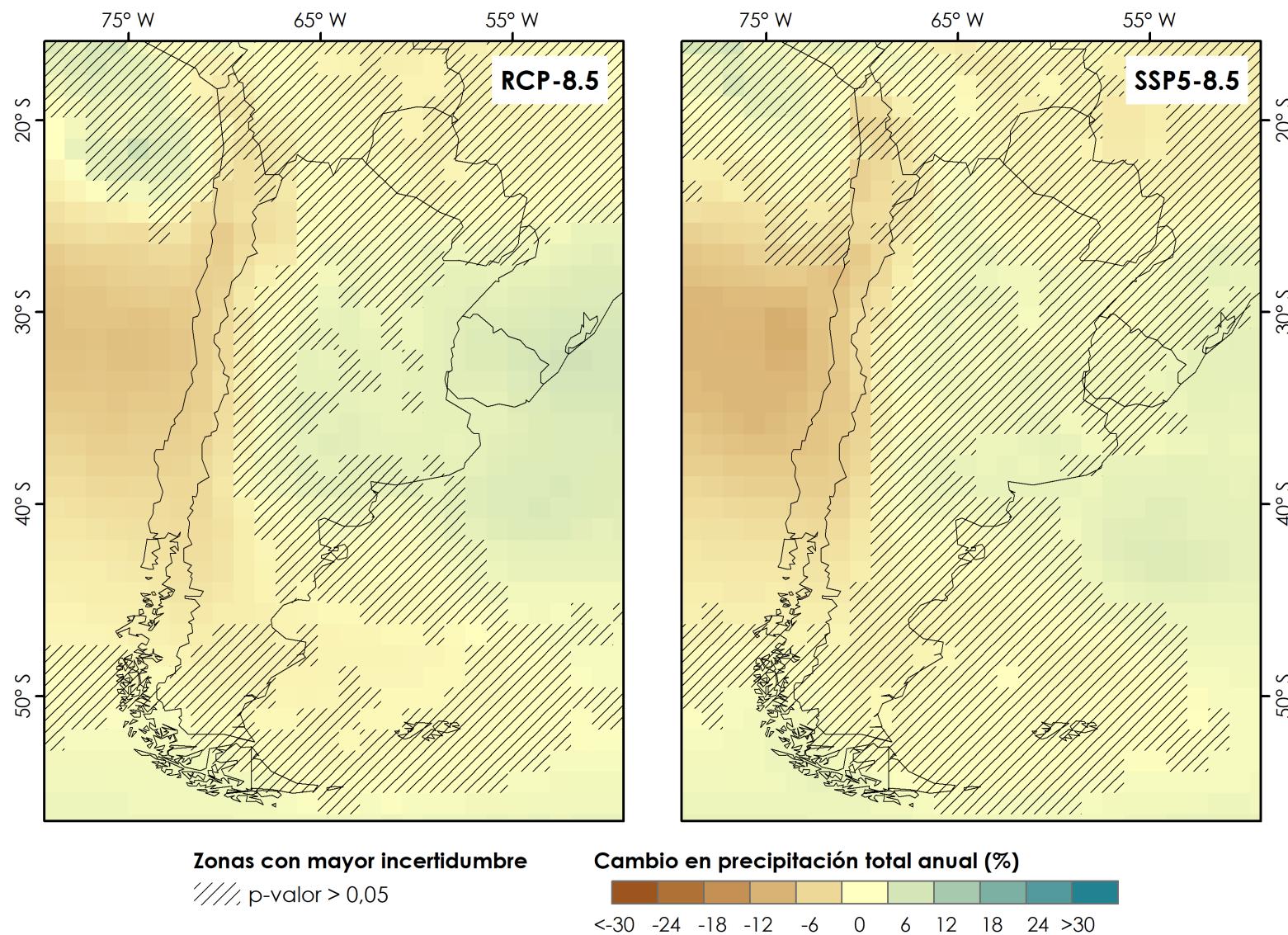


Figura AIV-10. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-8.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP5-8.5 para el periodo cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2041-2060

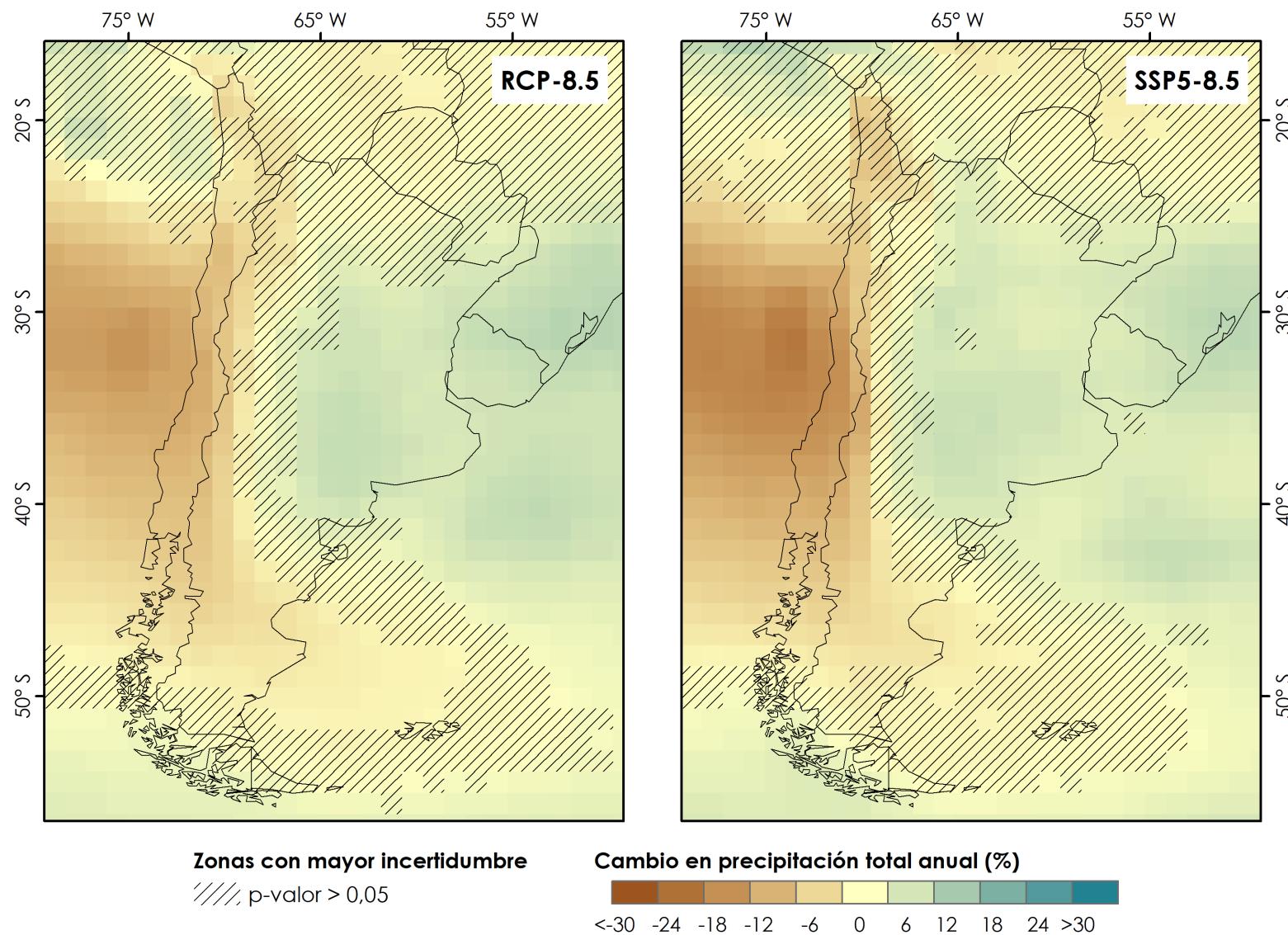


Figura AIV-11. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-8.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP5-8.5 para el periodo intermedio (2041-2060), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2081-2100

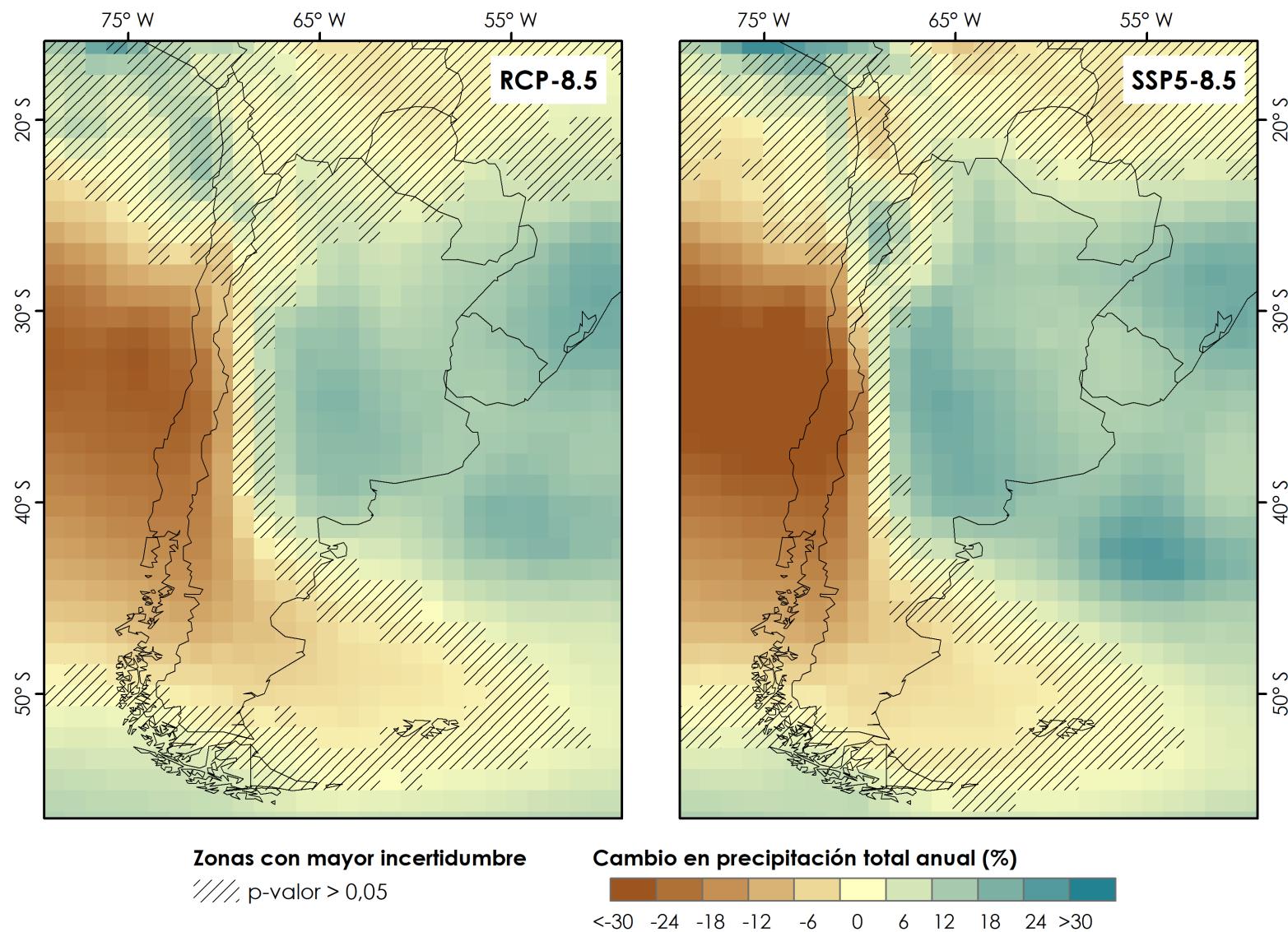


Figura AIV-12. Cambios proyectados promedio de precipitación (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-8.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP5-8.5 para el periodo lejano (2081-2100), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2021-2040

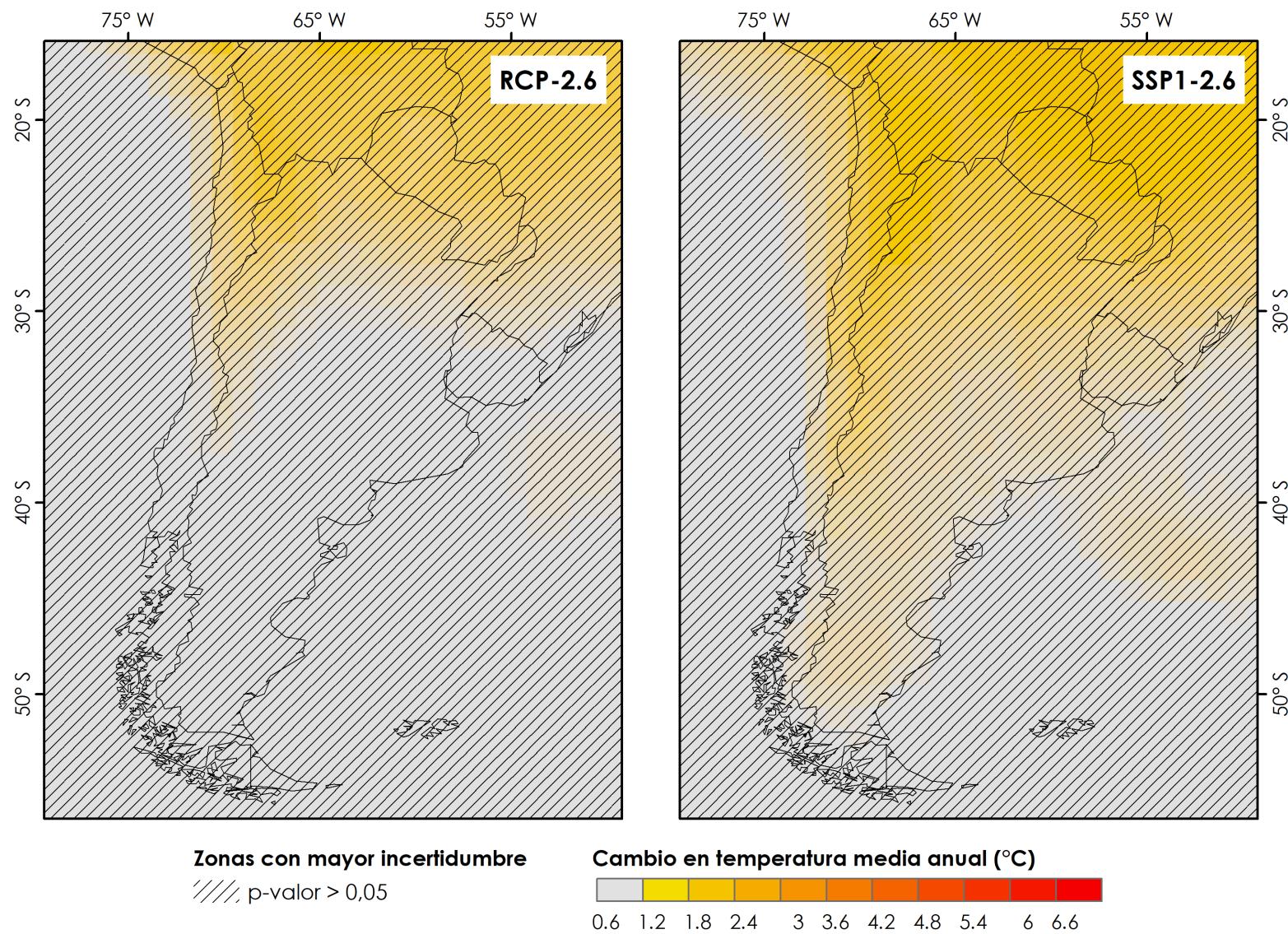


Figura AIV-13. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-2.6 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP1-2.6 para el período cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2041-2060

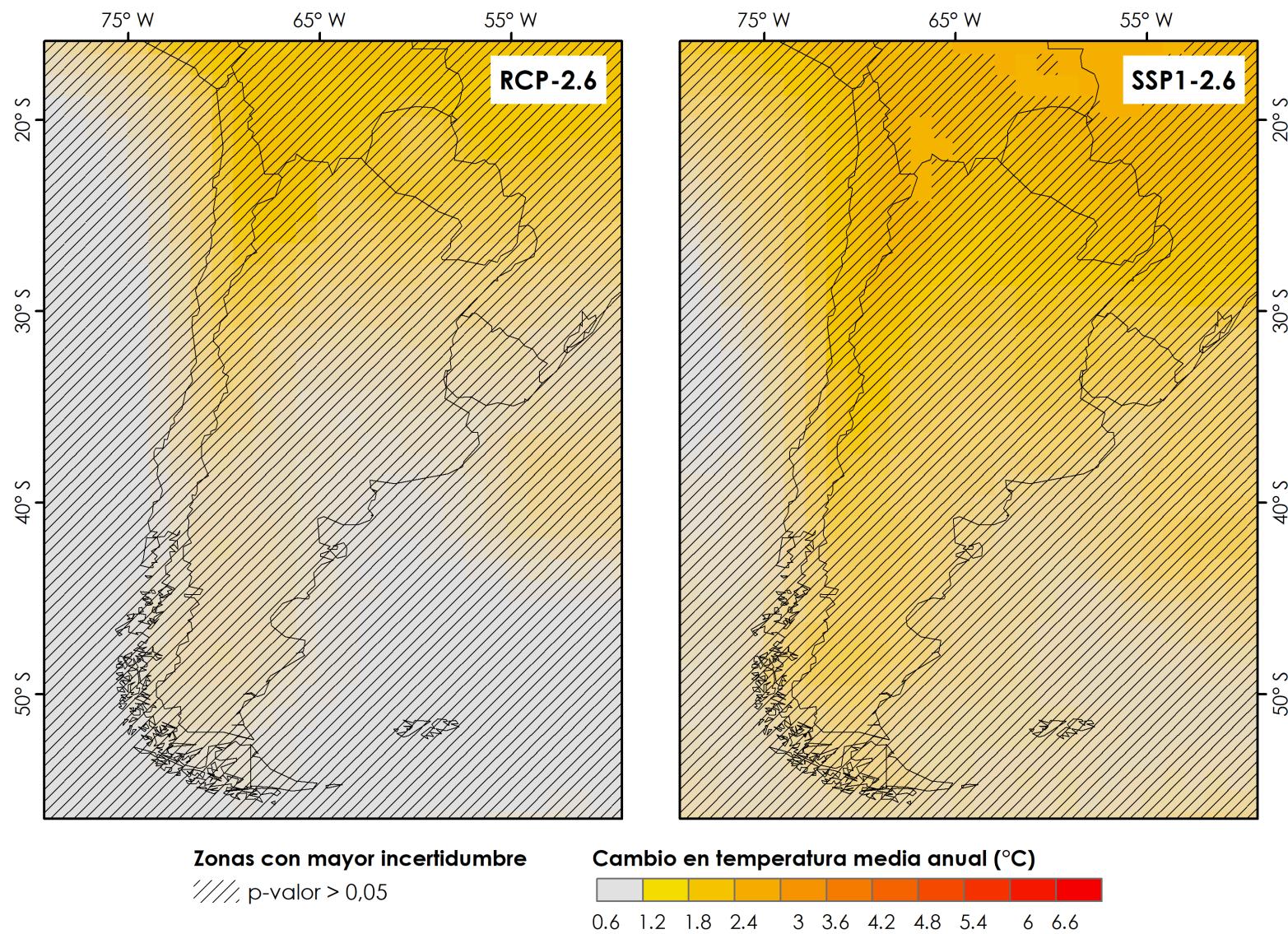


Figura AIV-14. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-2.6 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP1-2.6 para el período intermedio (2041-2060), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2081-2100

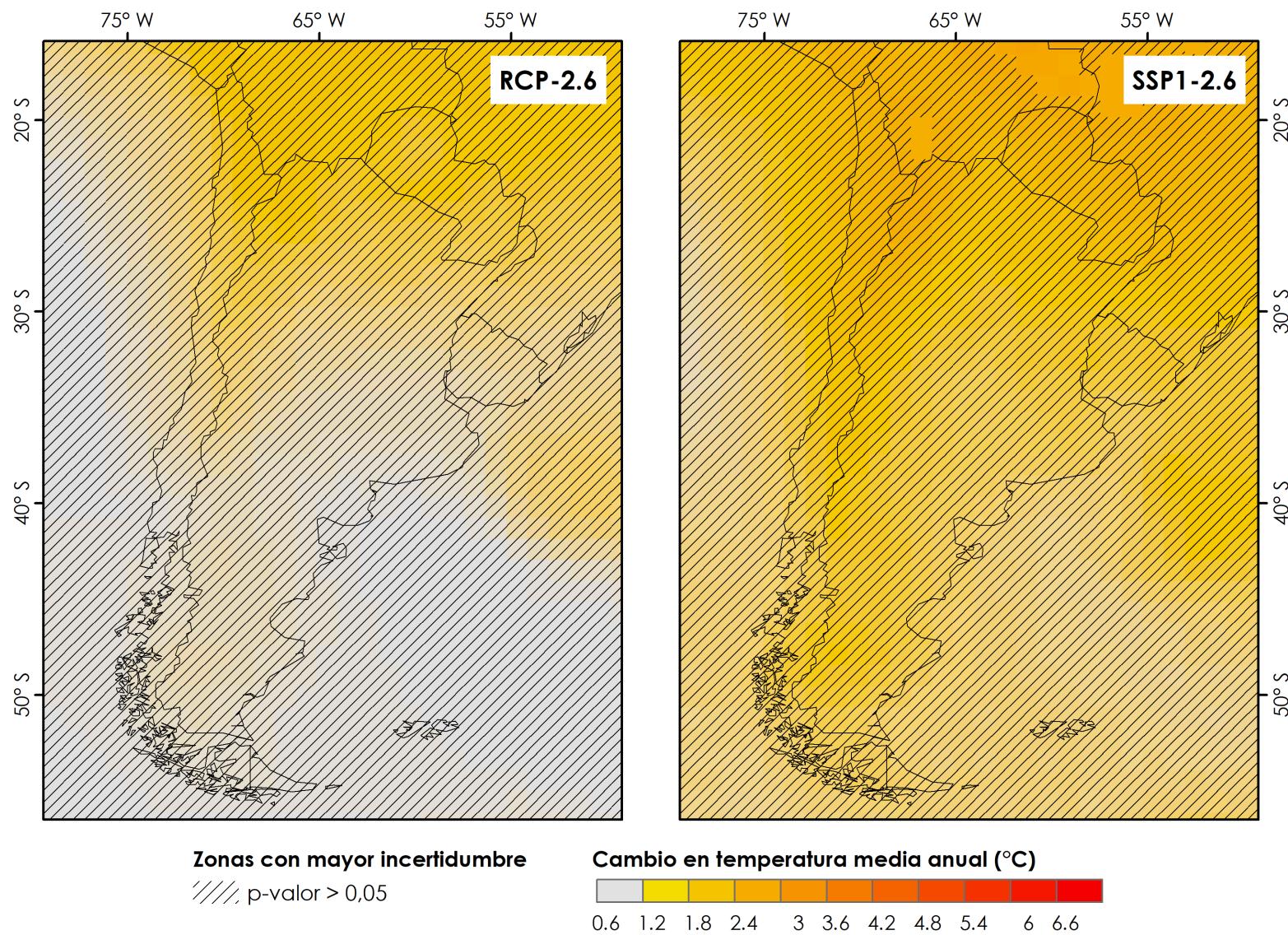


Figura AIV-15. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-2.6 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP1-2.6 para el período lejano (2081-2100), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2021-2040

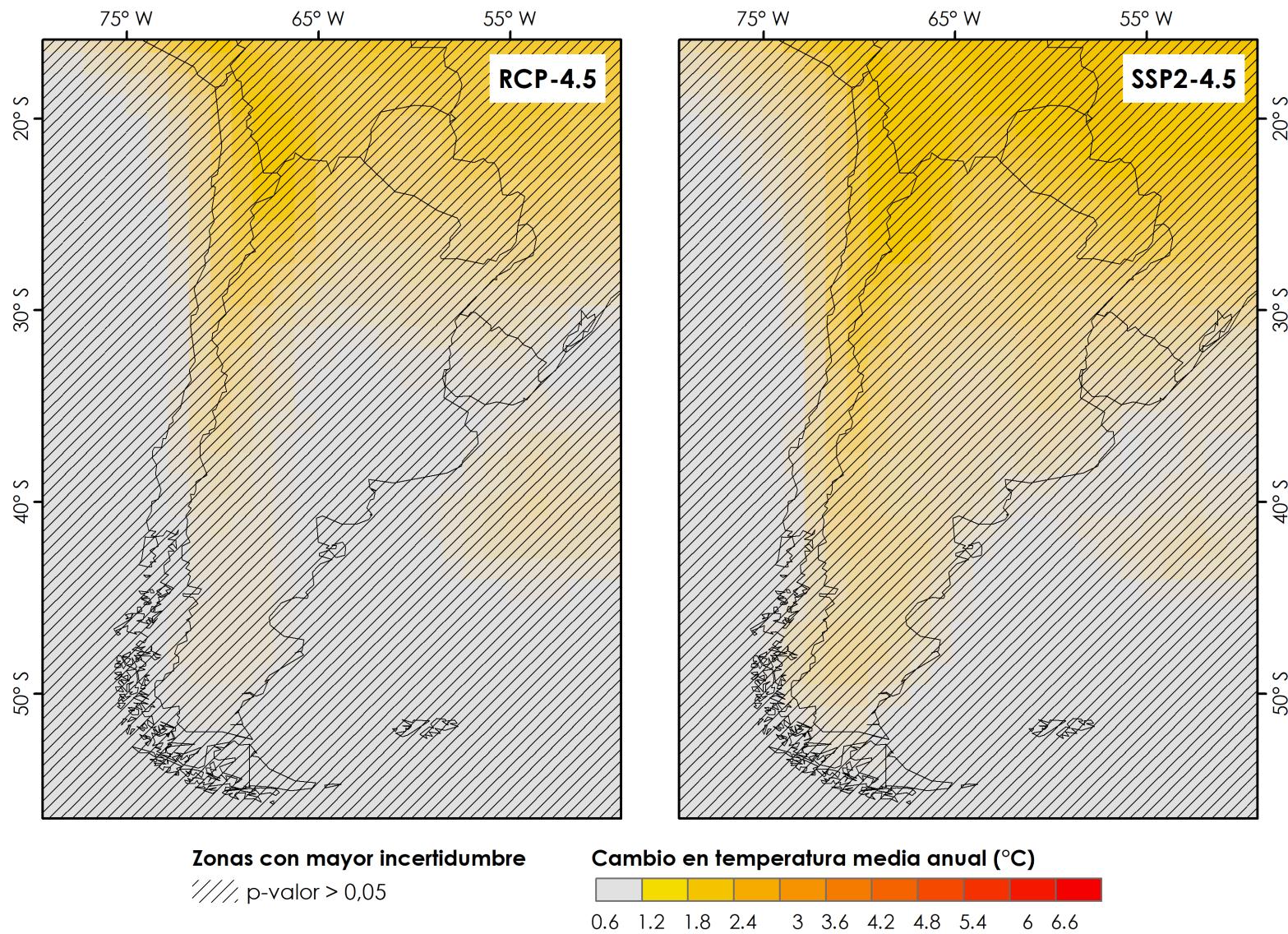


Figura AIV-16. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-4.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP2-4.5 para el período cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2041-2060

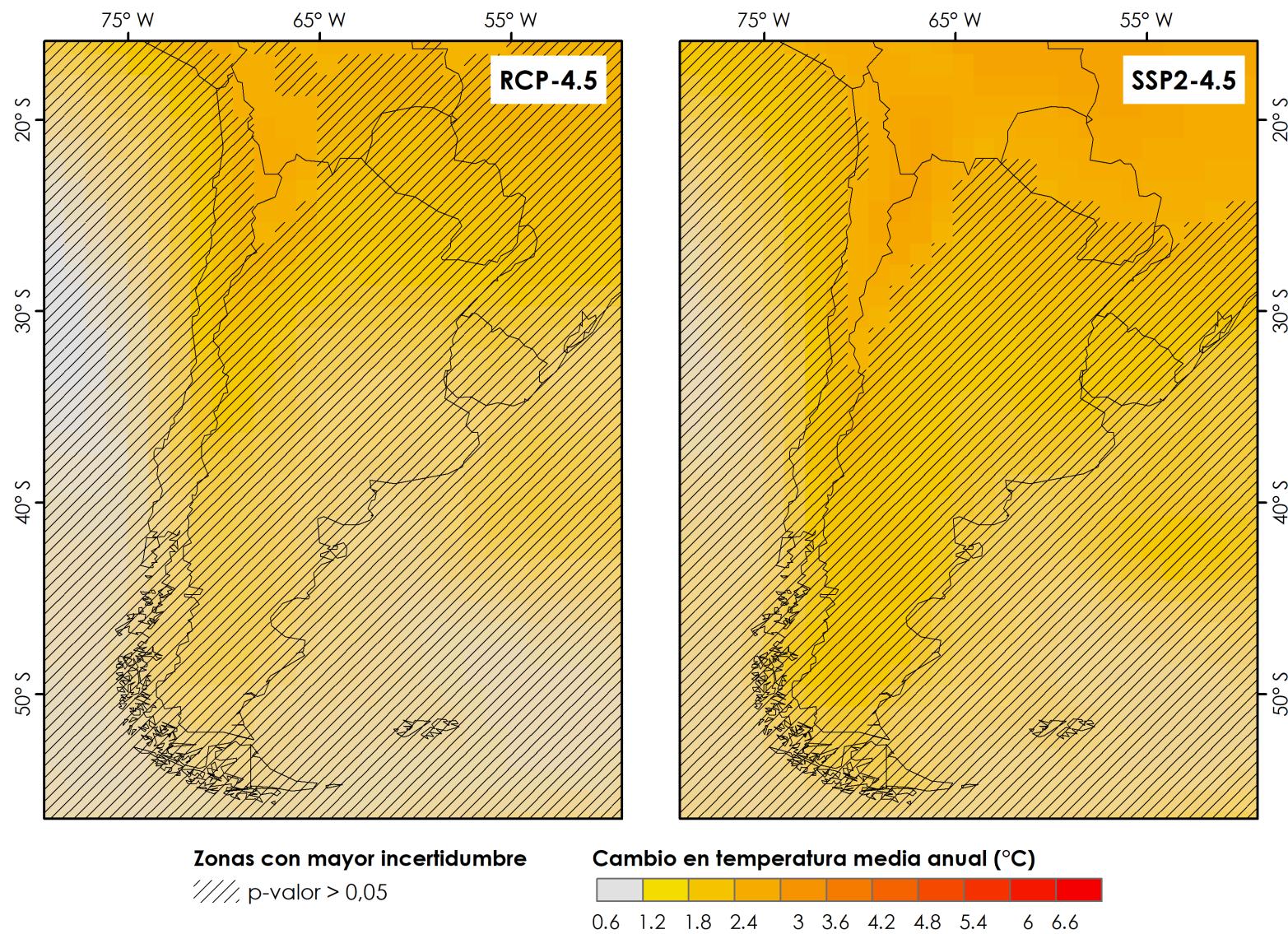


Figura AIV-17. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-4.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP2-4.5 para el período intermedio (2041-2060), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2081-2100

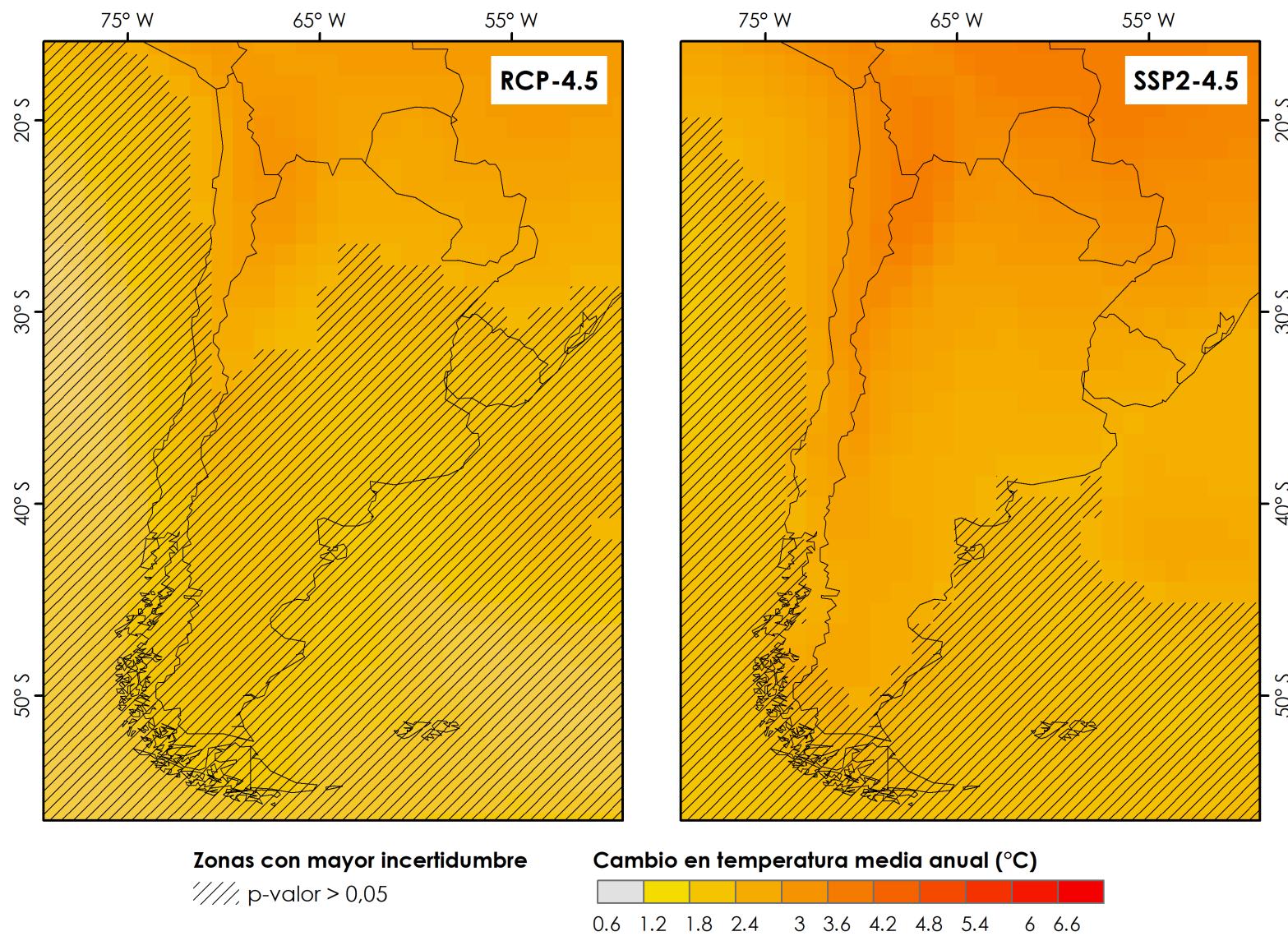


Figura AIV-18. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-4.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP2-4.5 para el período lejano (2081-2100), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2021-2040

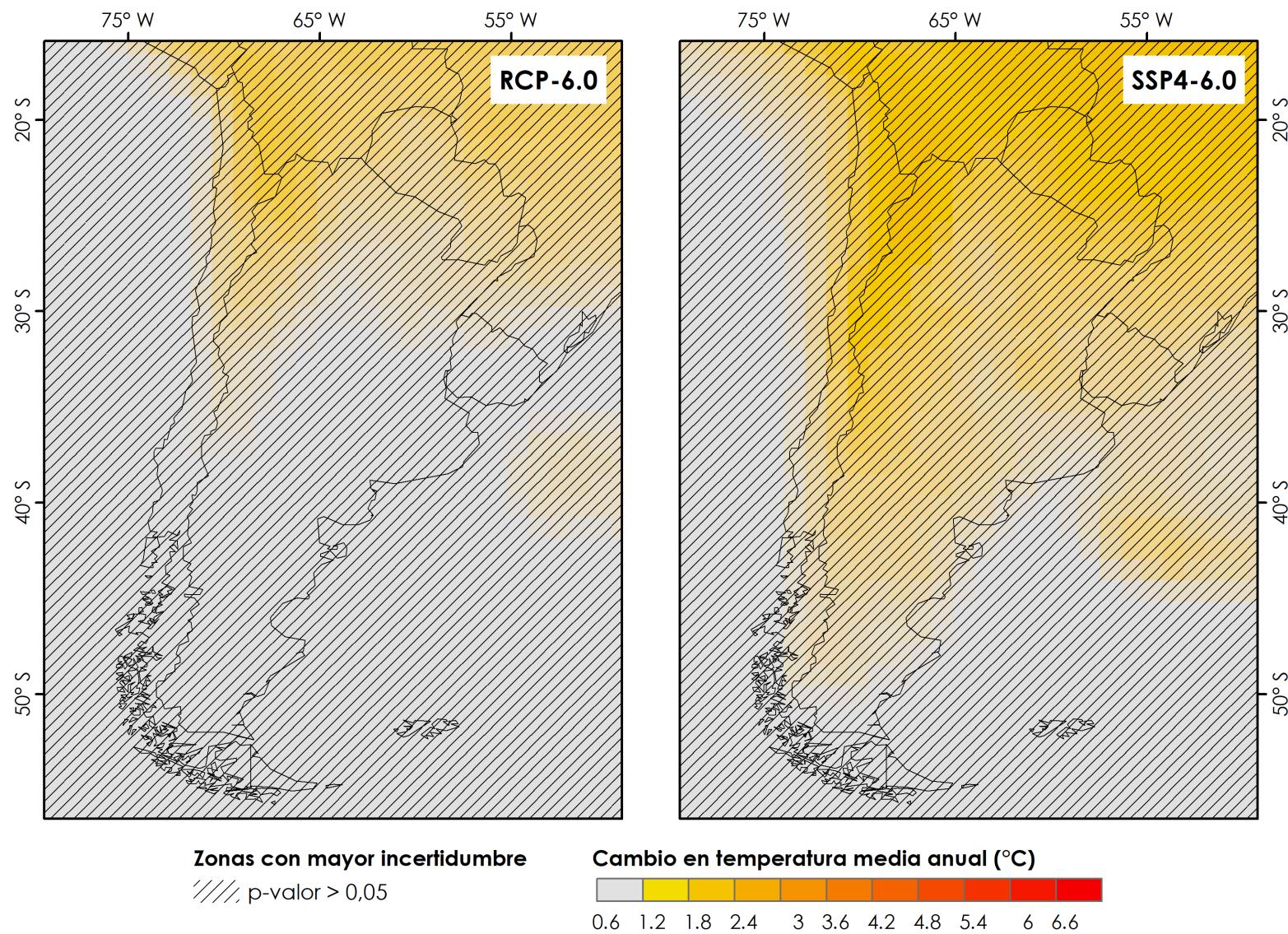


Figura AIV-19. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-6.0 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP4-6.0 para el período cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2041-2060

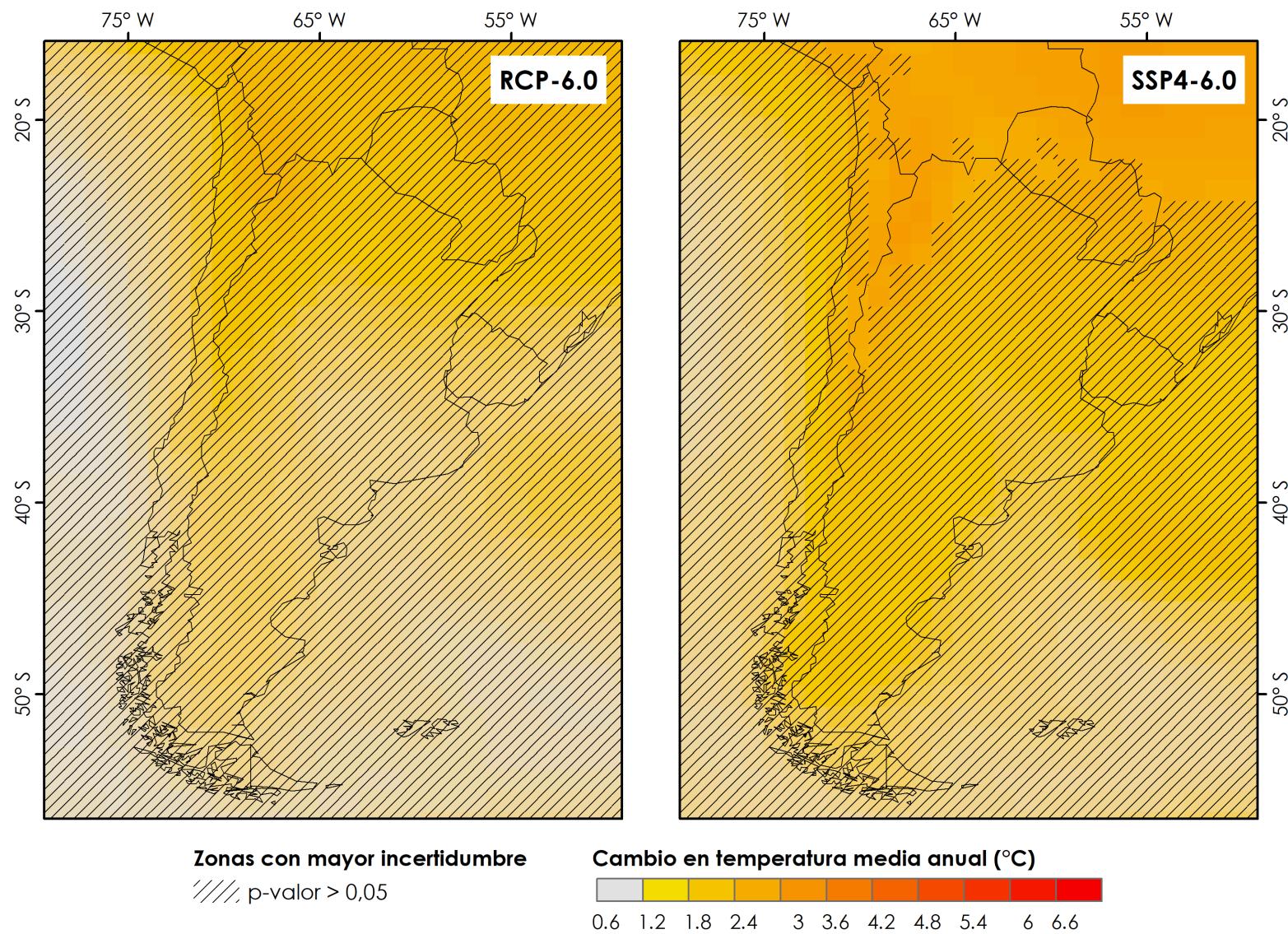


Figura AIV-20. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-6.0 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP4-6.0 para el período intermedio (2041-2060), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2081-2100

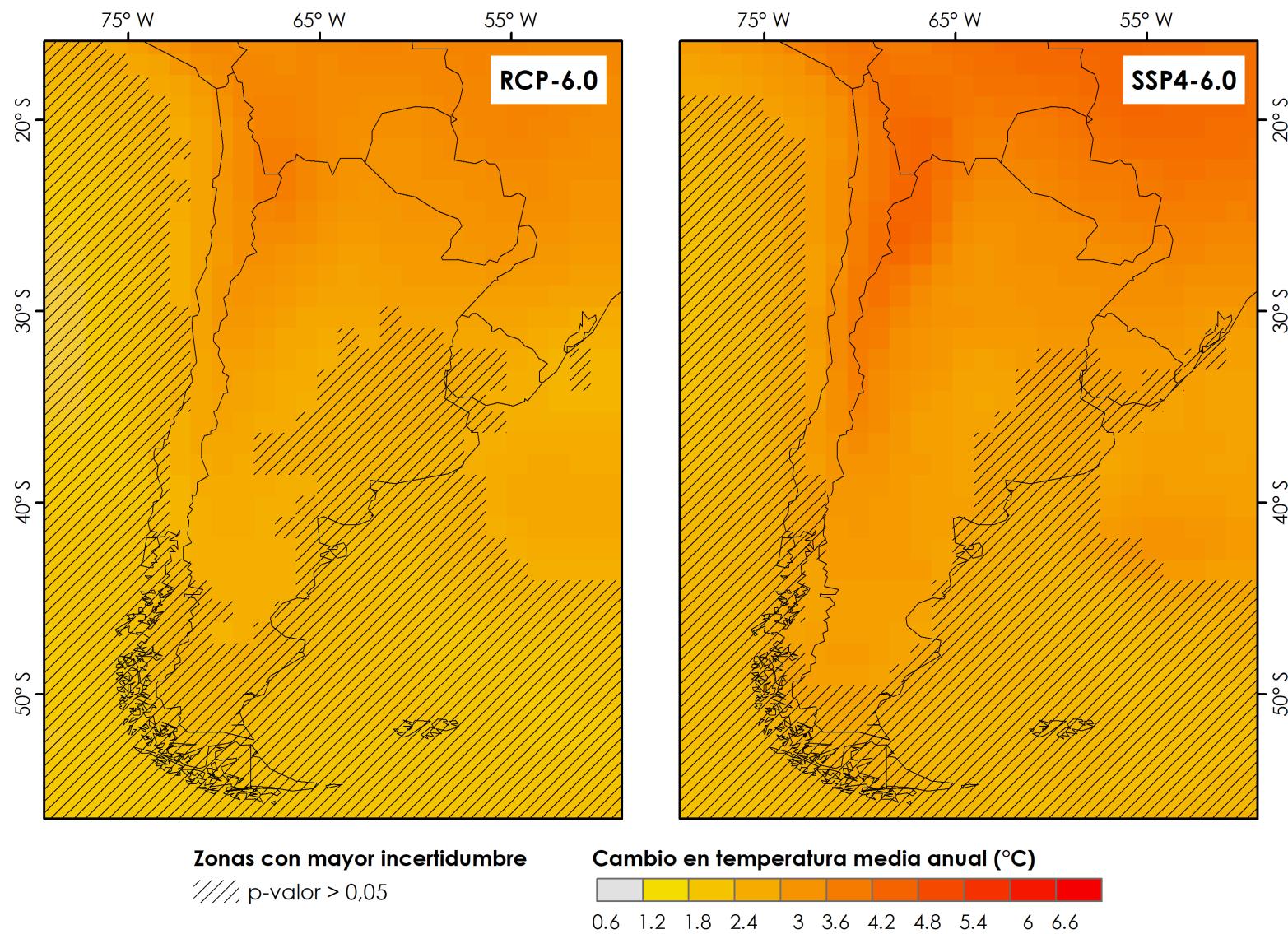


Figura AIV-21. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-6.0 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP4-6.0 para el período lejano (2081-2100), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2021-2040

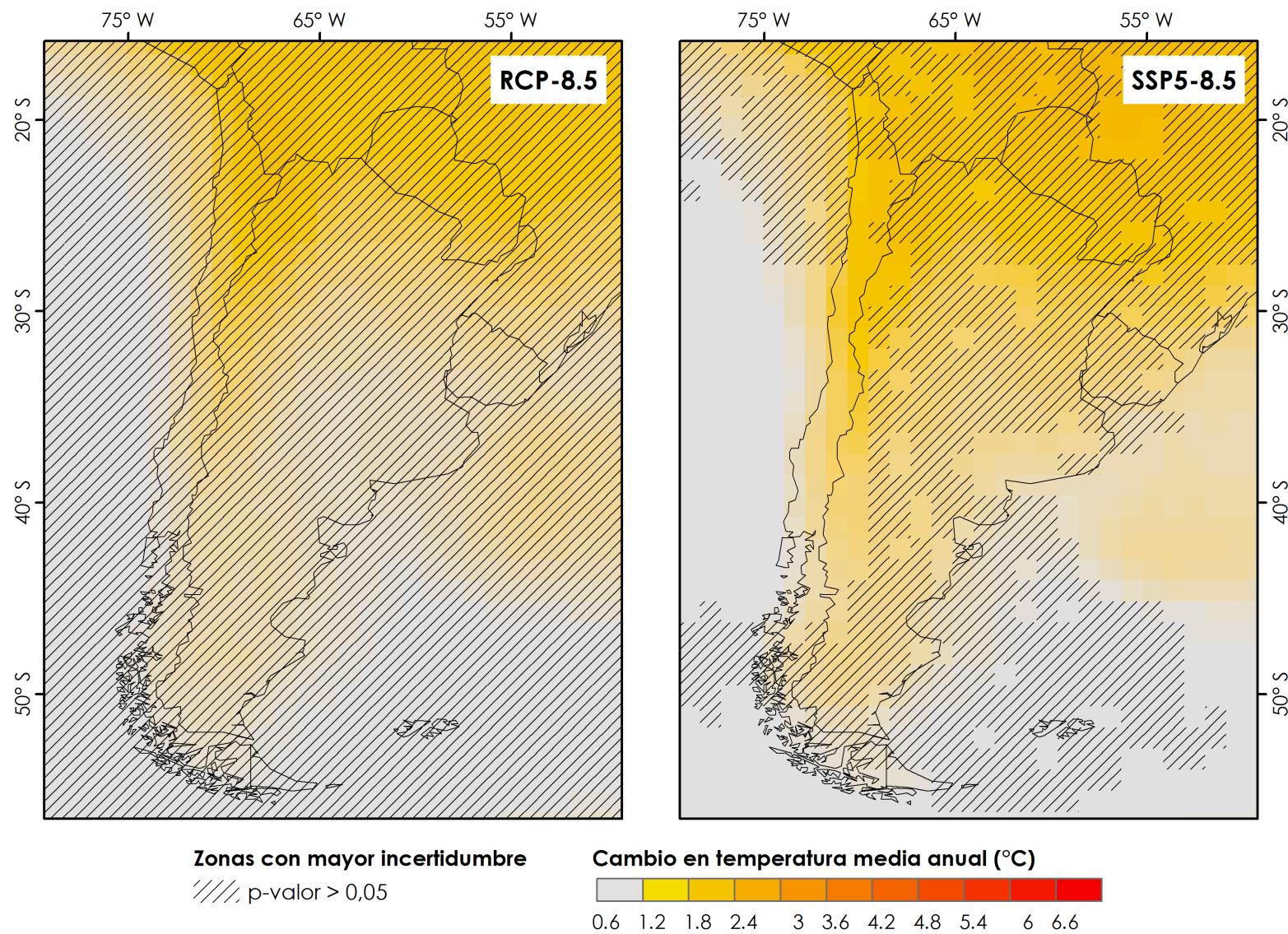


Figura AIV-22. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-8.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP5-8.5 para el período cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2041-2060

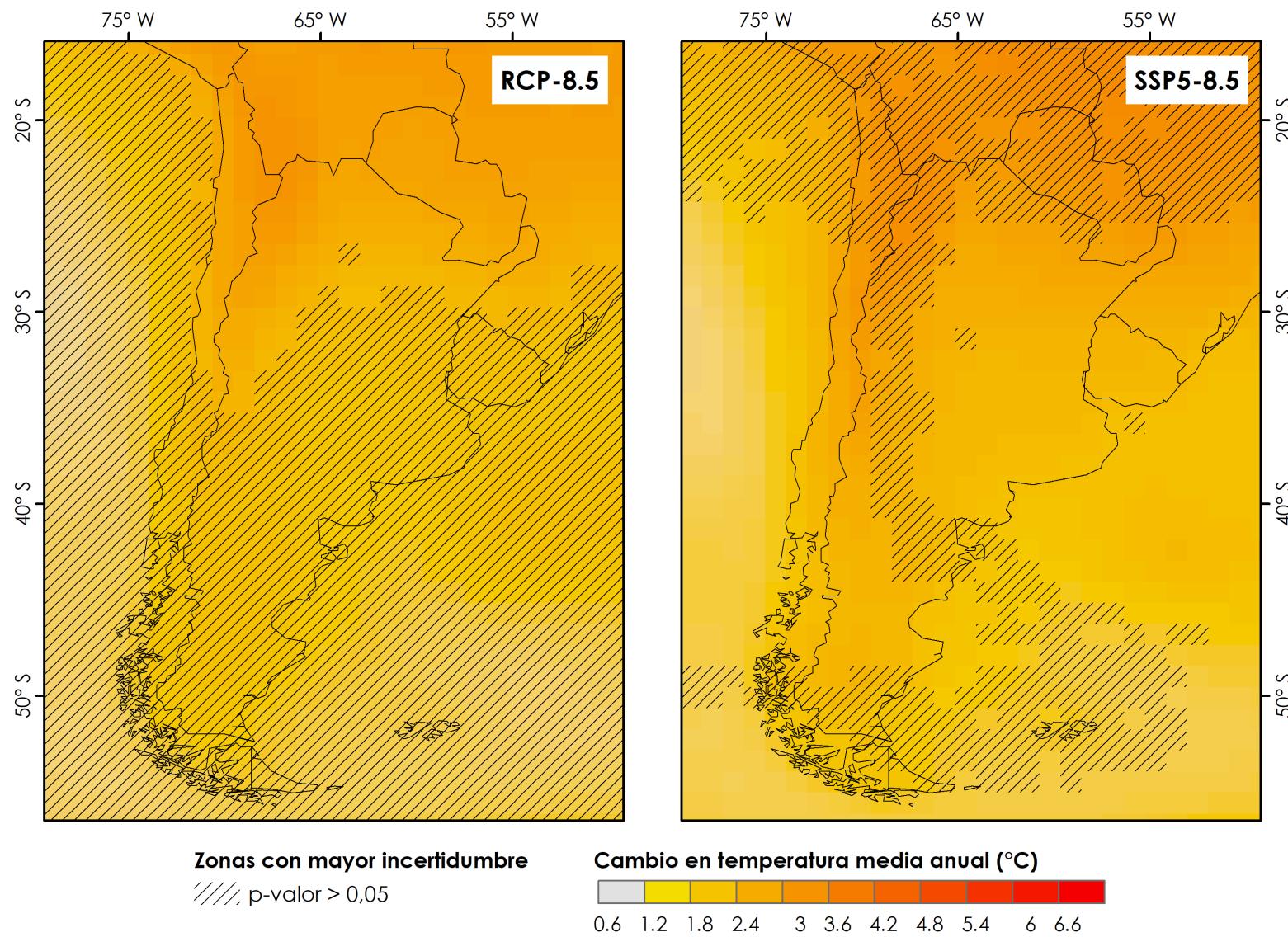


Figura AIV-23. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-8.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP5-8.5 para el período intermedio (2041-2060), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2081-2100

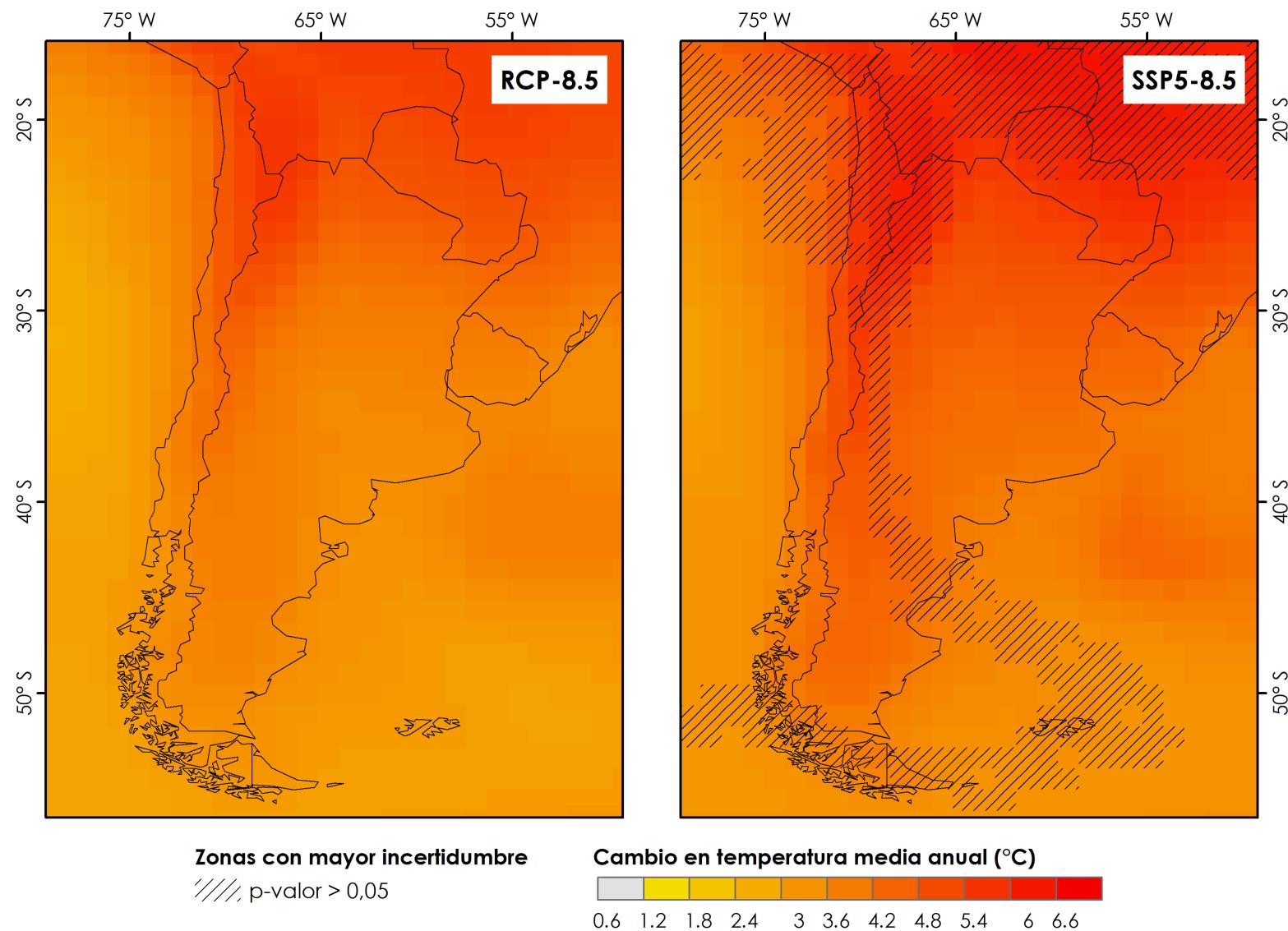


Figura AIV-24. Cambios proyectados promedio de temperatura (°C) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-8.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP5-8.5 para el período lejano (2081-2100), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Nota: Achurado indica zonas con mayor incertidumbre (ver Anexo III).

Periodo 2021-2040

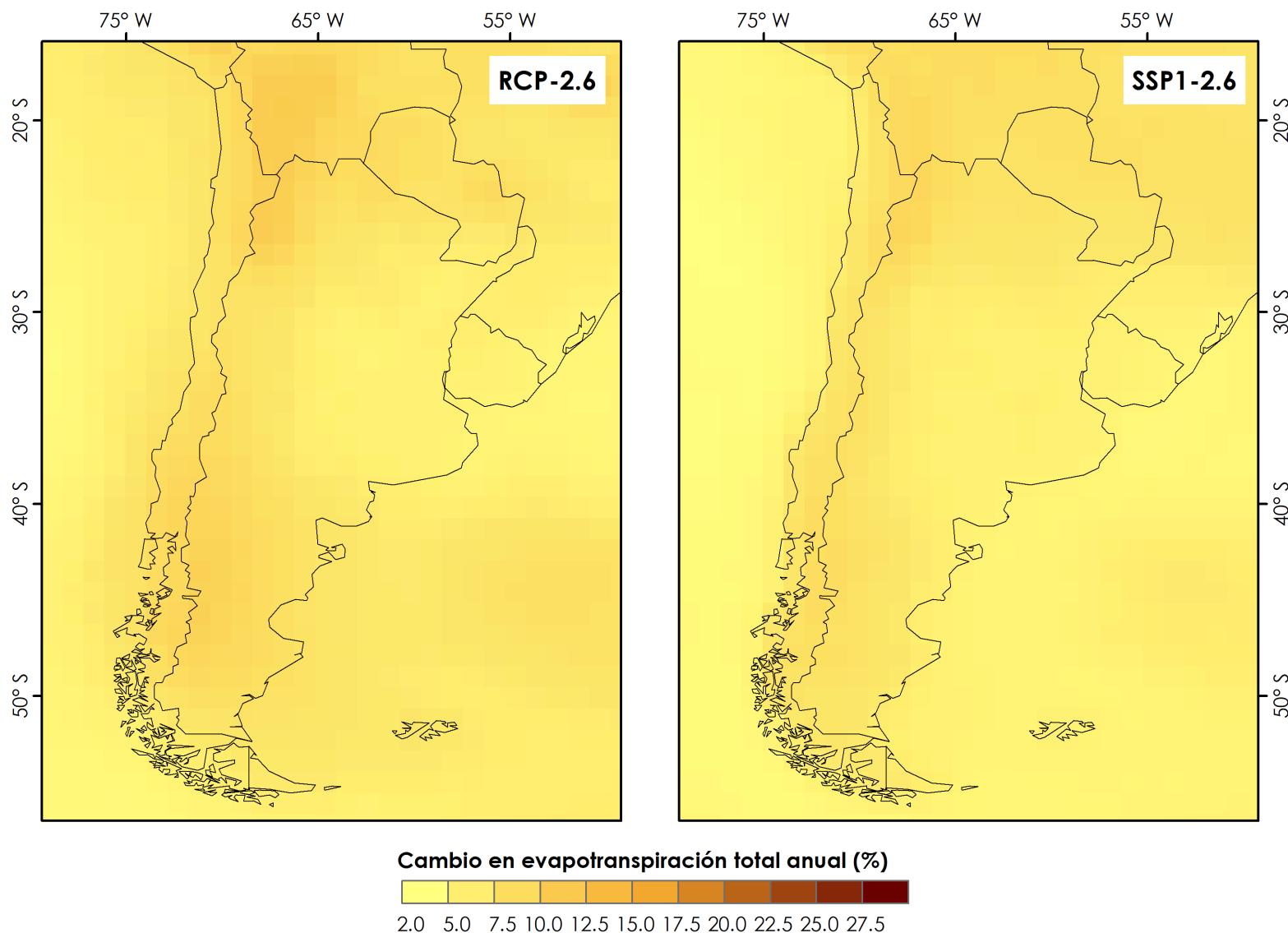


Figura AIV-25. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-2.6 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP1-2.6 para el período cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Periodo 2041-2060

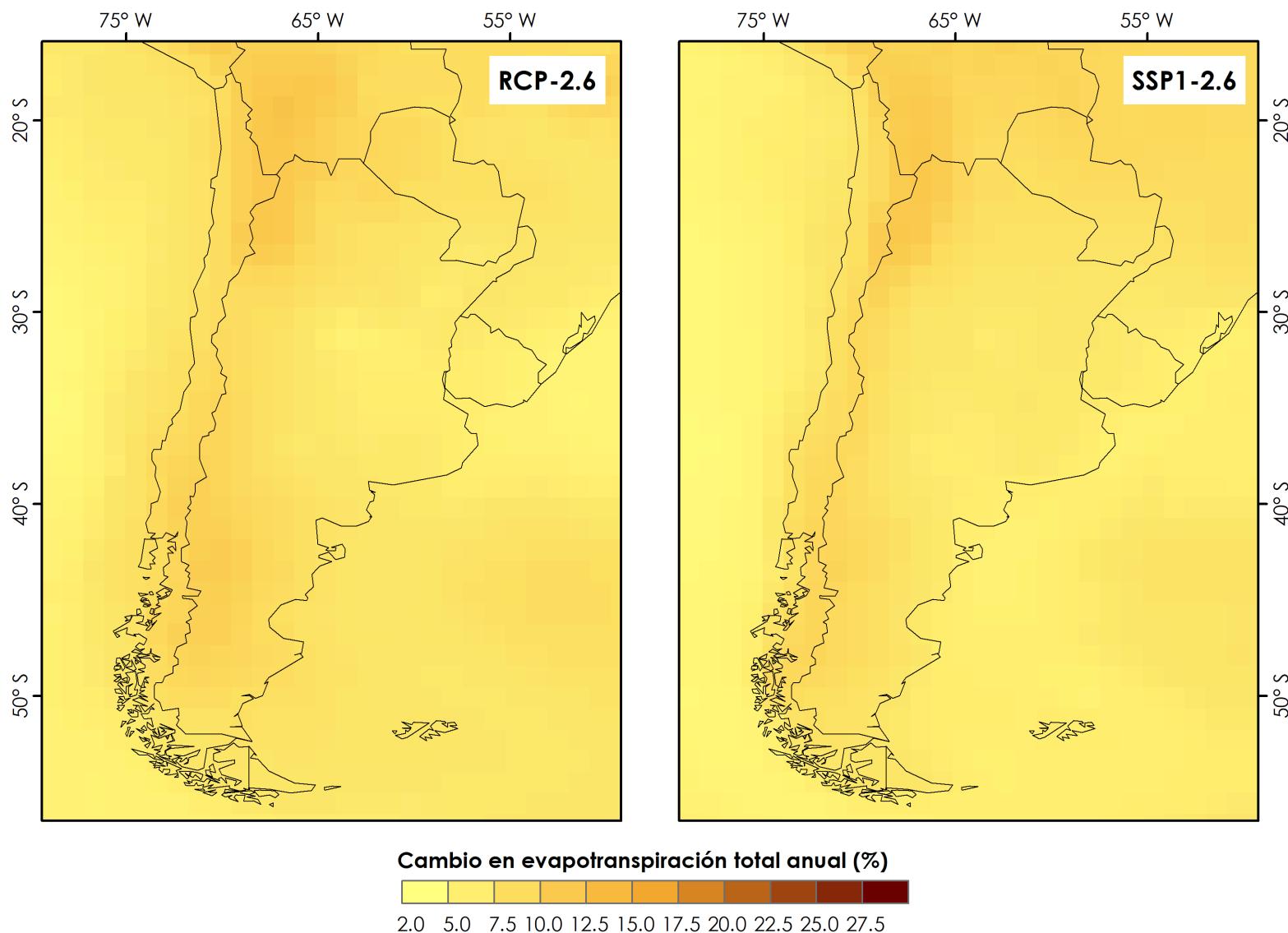


Figura AIV-26. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-2.6 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP1-2.6 para el período intermedio (2041-2060), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Periodo 2081-2100

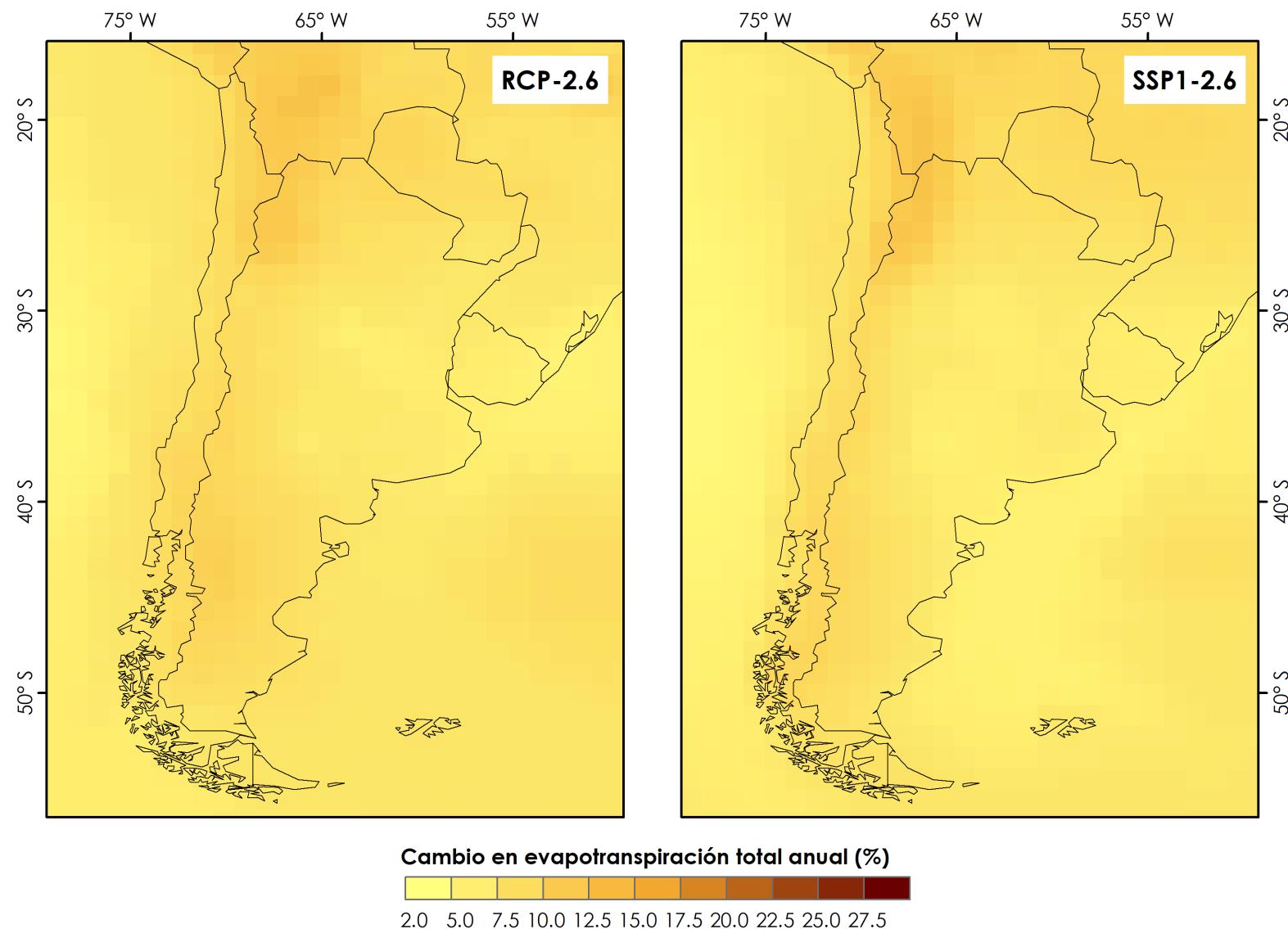


Figura AIV-27. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-2.6 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP1-2.6 para el período lejano (2081-2100), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Periodo 2021-2040

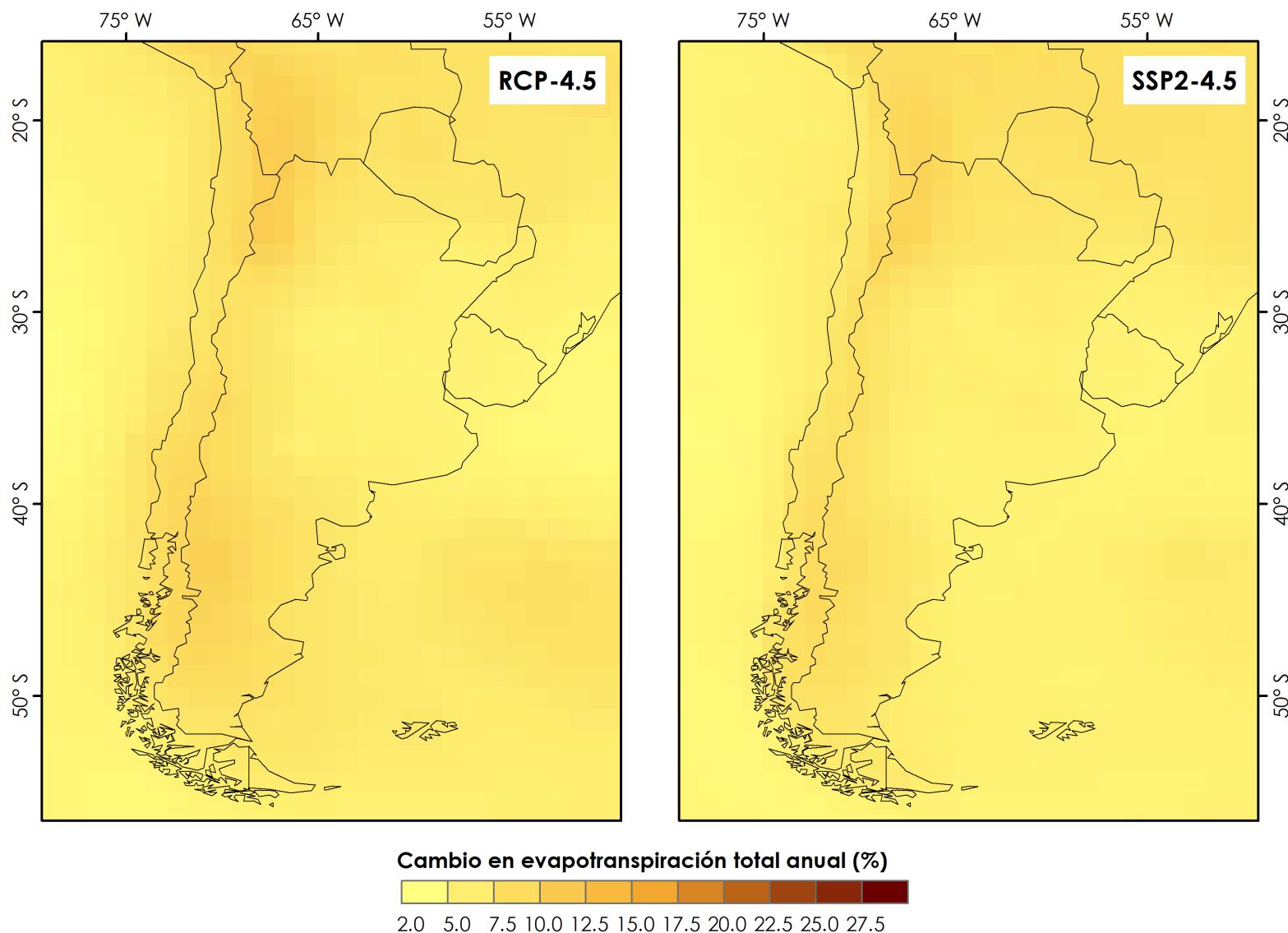


Figura AIV-28. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-4.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP2-4.5 para el período cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Periodo 2041-2060

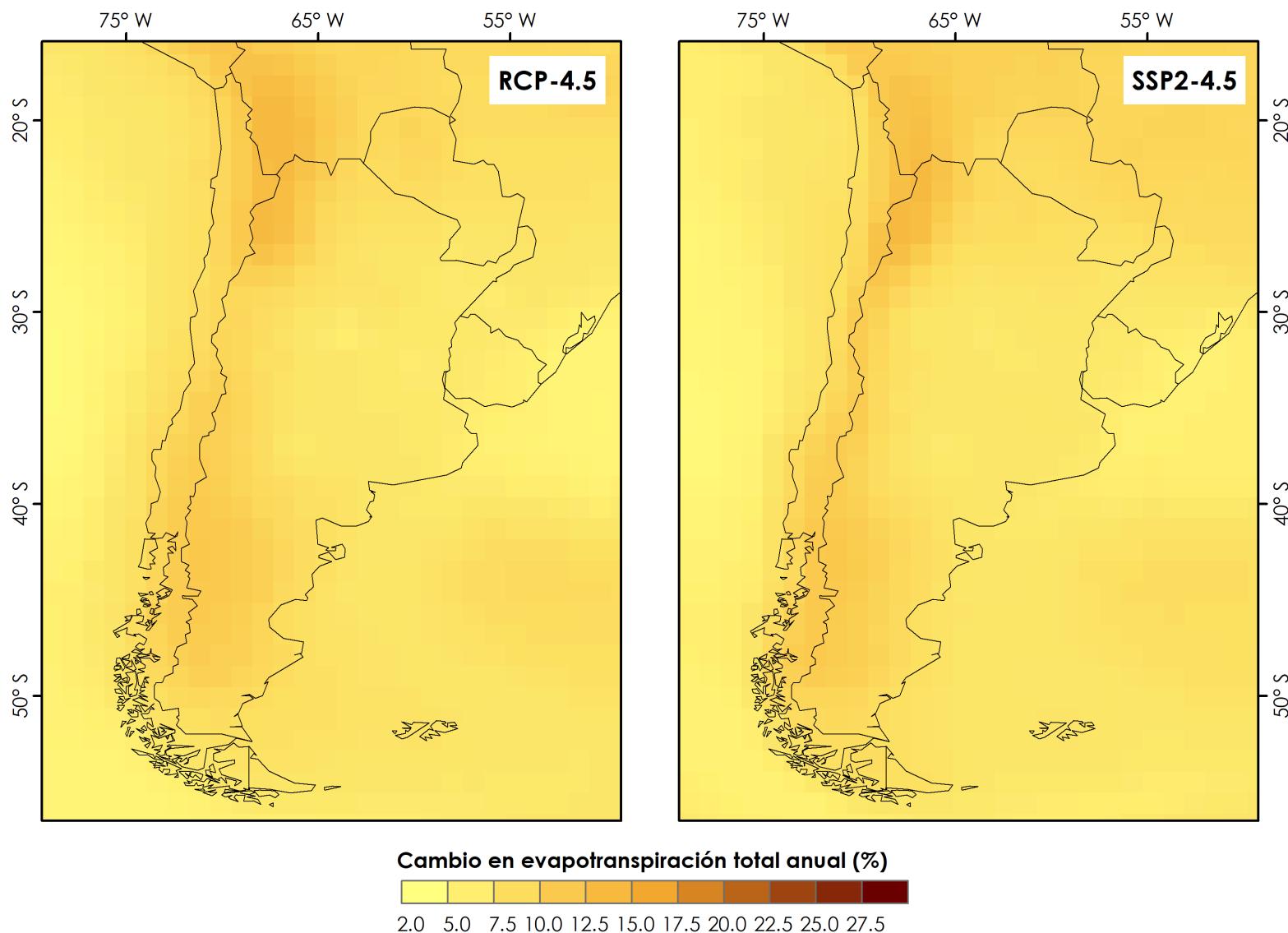


Figura AIV-29. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-4.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP2-4.5 para el período intermedio (2041-2060), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Periodo 2081-2100

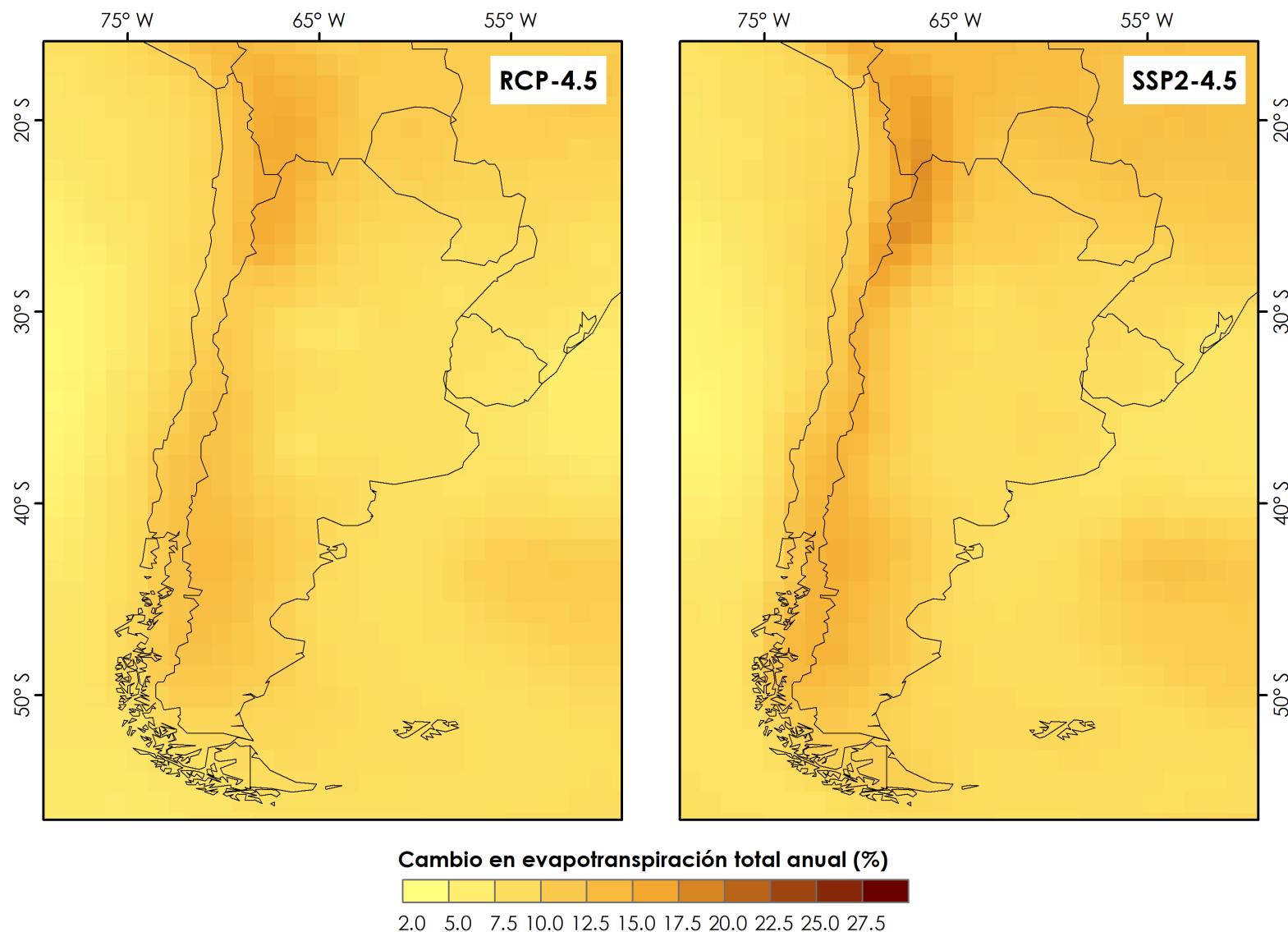


Figura AIV-30. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-4.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP2-4.5 para el período lejano (2081-2100), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Periodo 2021-2040

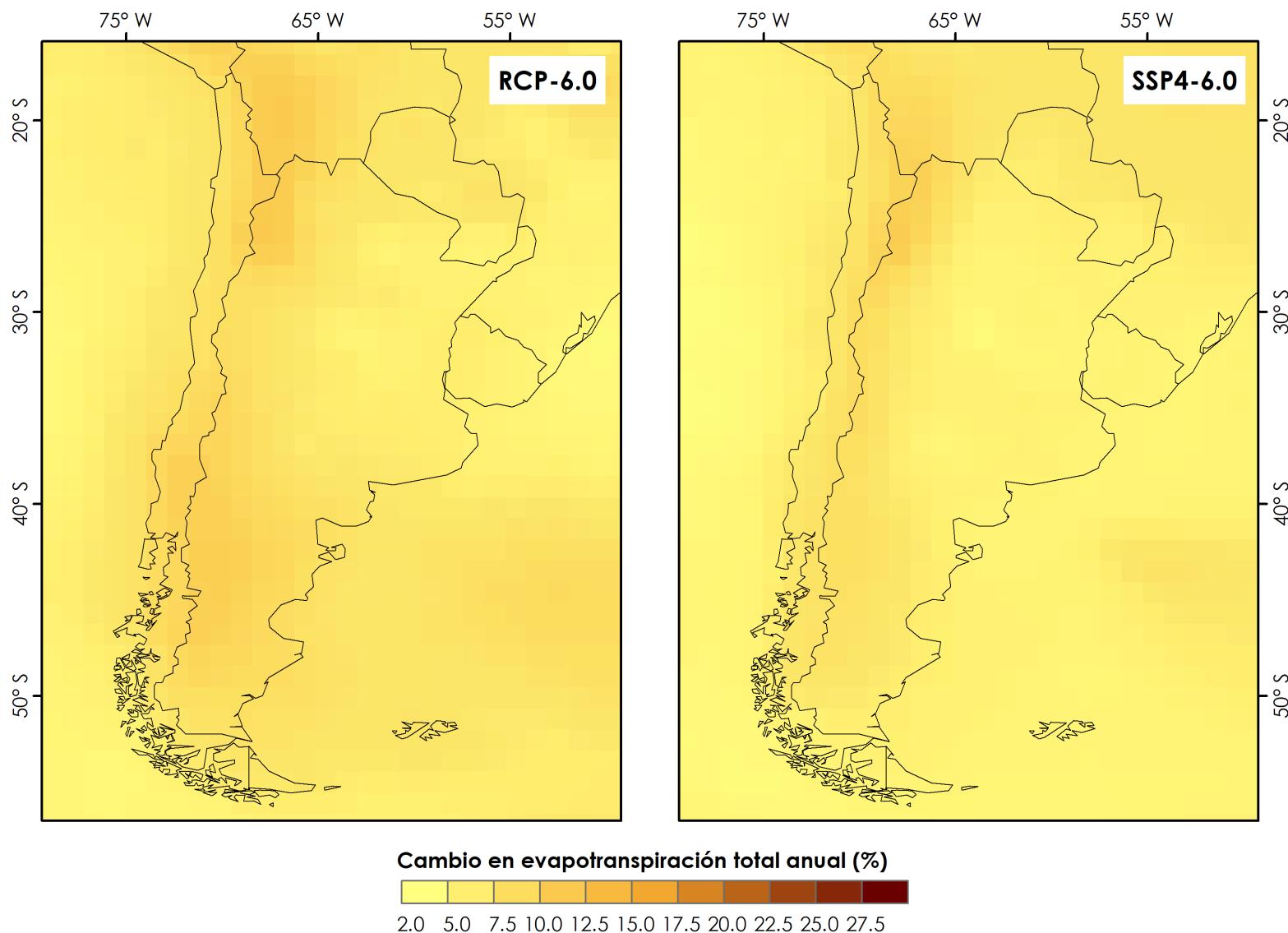


Figura AIV-31. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-6.0 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP4-6.0 para el período cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Periodo 2041-2060

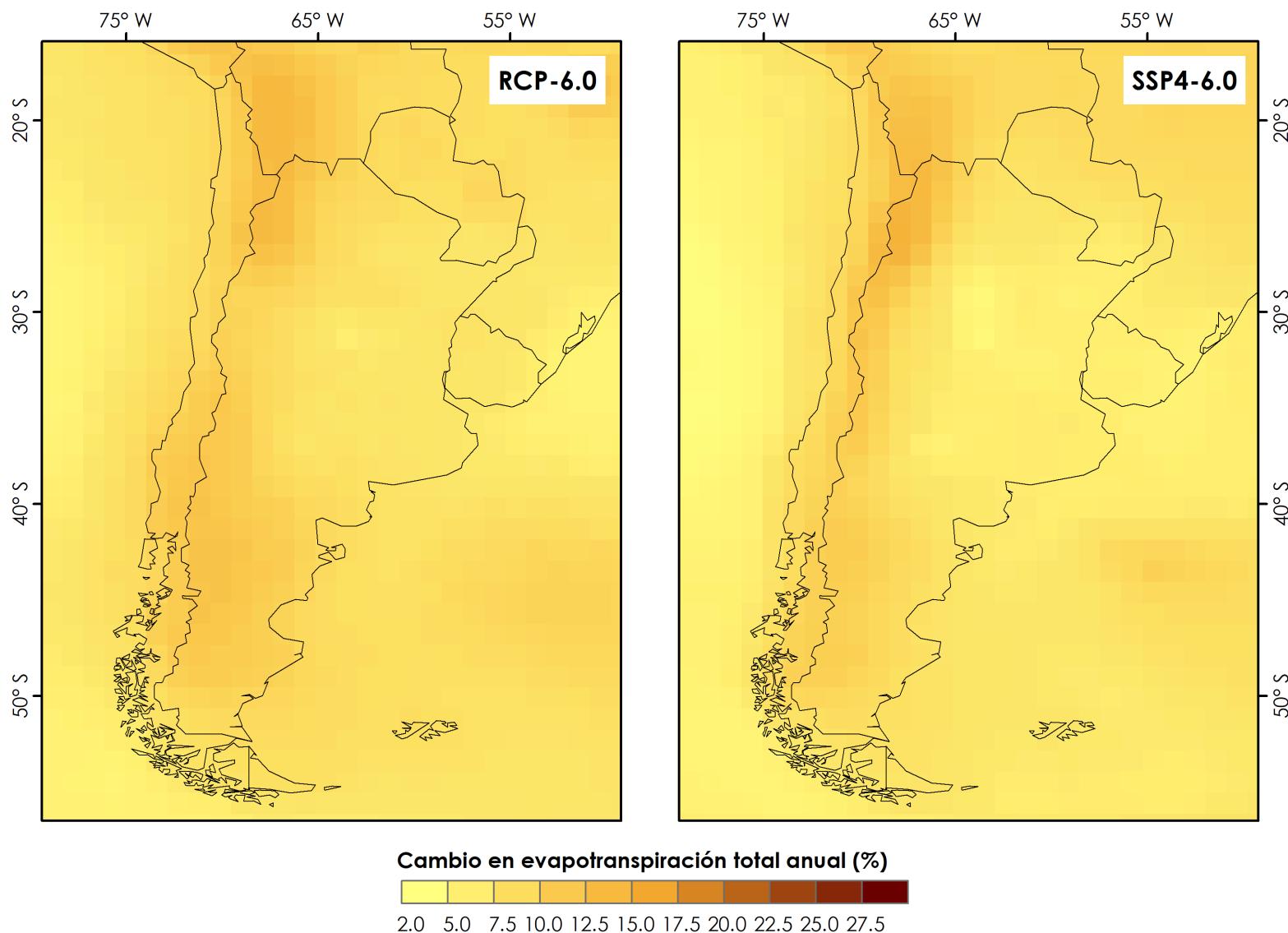


Figura AIV-32. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-6.0 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP4-6.0 para el período intermedio (2041-2060), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Periodo 2081-2100

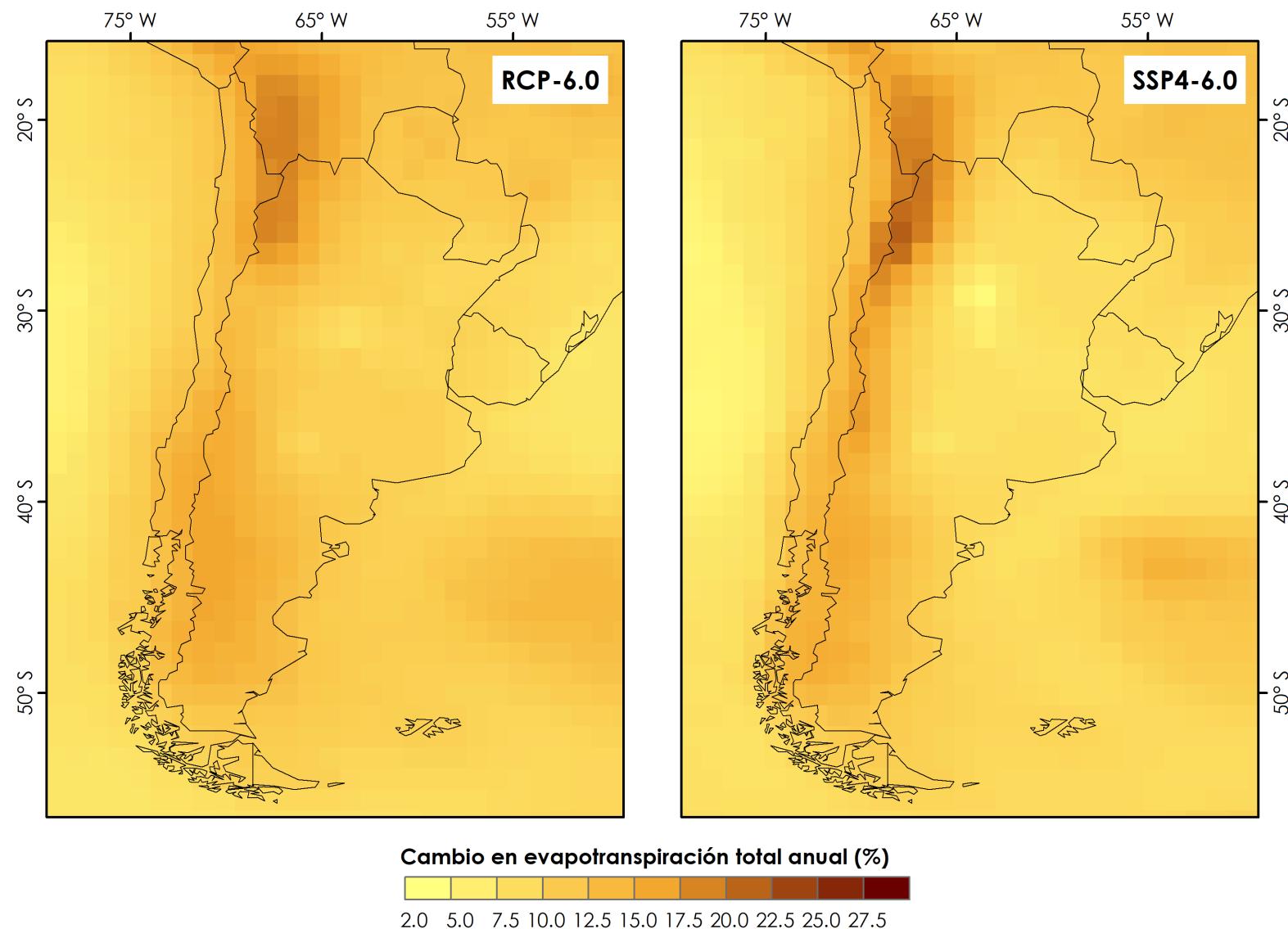


Figura AIV-33. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-6.0 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP4-6.0 para el período lejano (2081-2100), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Periodo 2021-2040

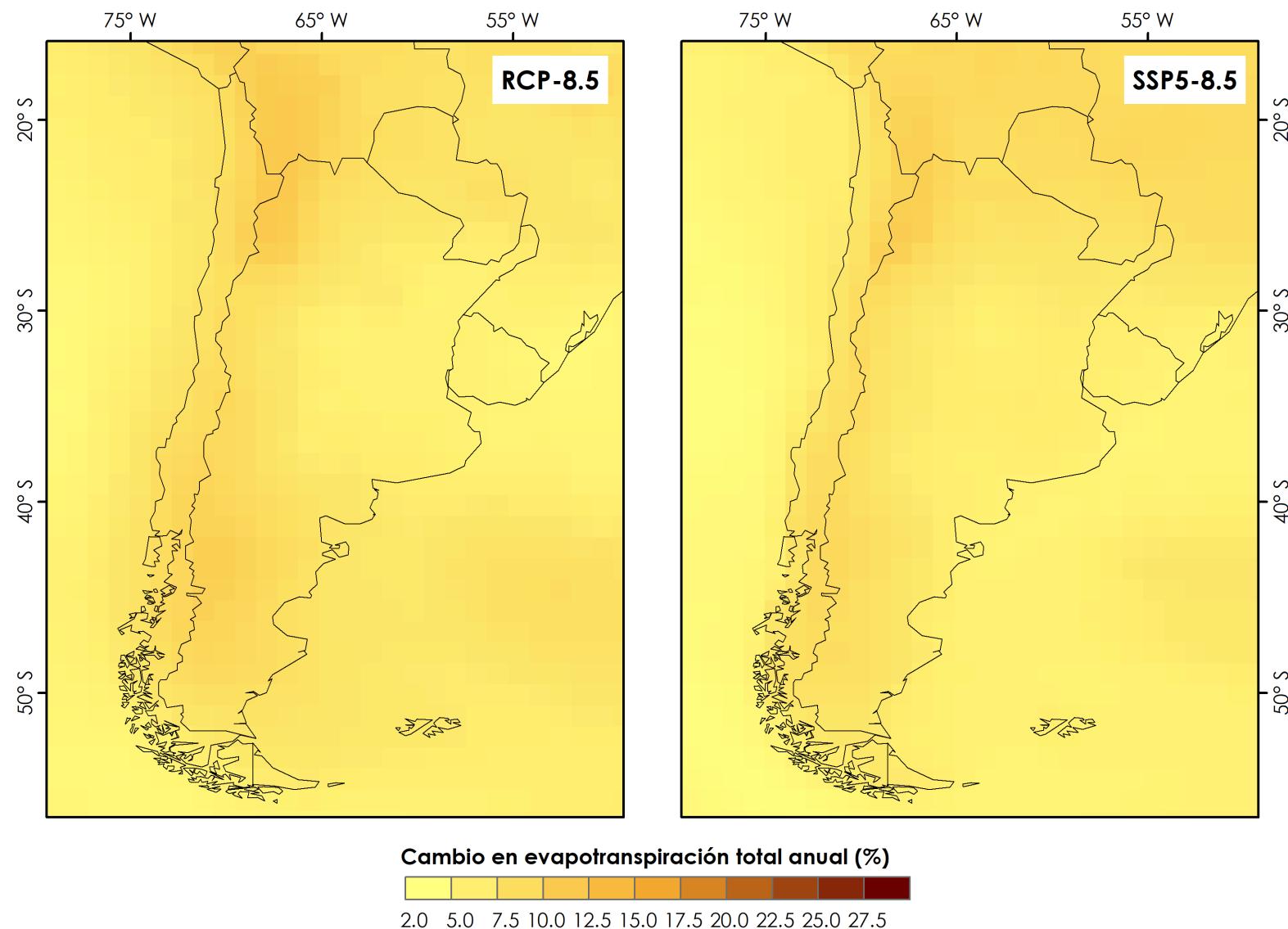


Figura AIV-34. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-8.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP5-8.5 para el período cercano (2021-2040), contrastado con periodo de referencia (1986-2005).

Periodo 2041-2060

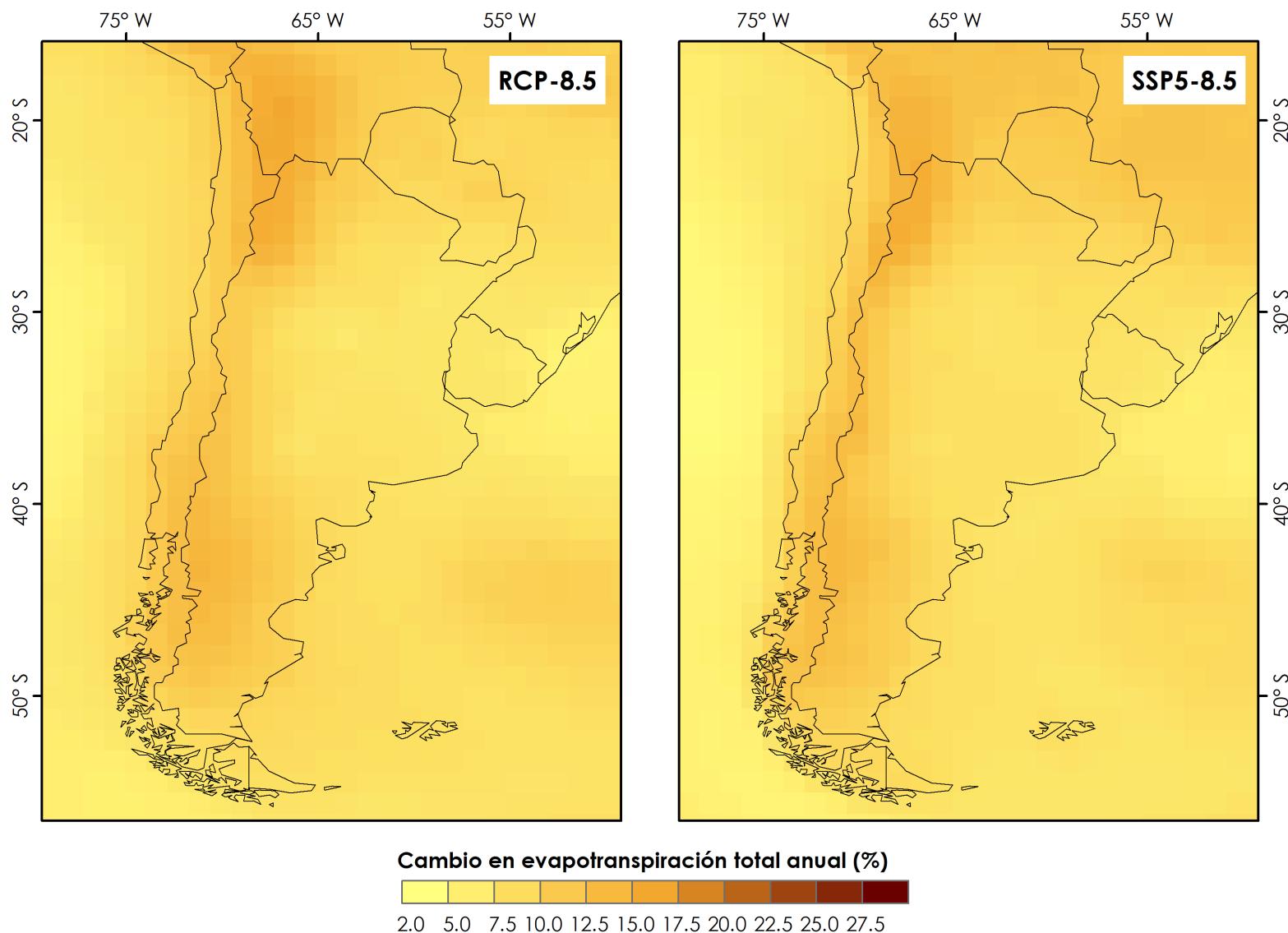


Figura AIV-35. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-8.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP5-8.5 para el período intermedio (2041-2060), contrastado con período de referencia (1986-2005).

Periodo 2081-2100

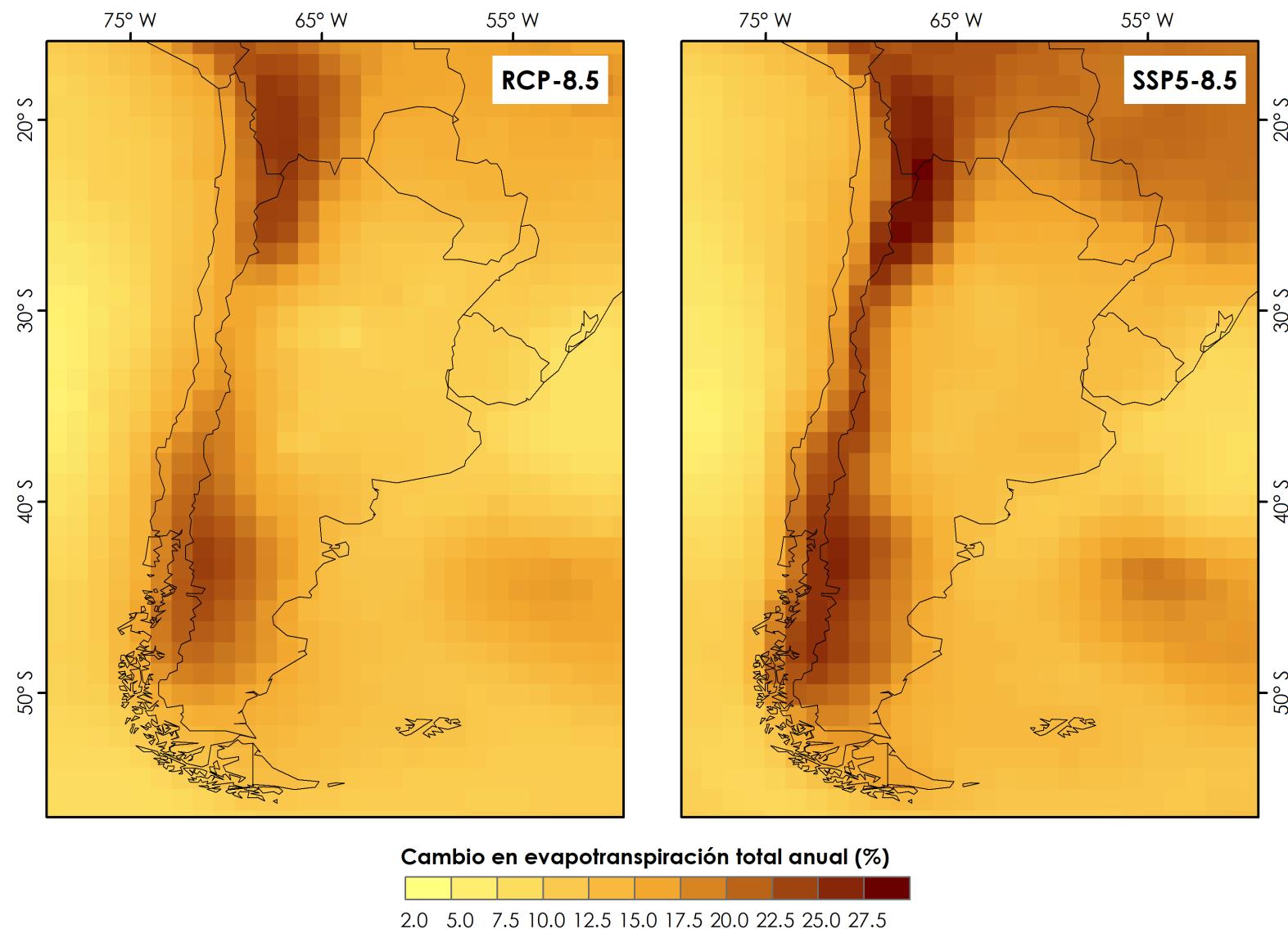


Figura AIV-36. Cambios proyectados promedio de evapotranspiración potencial (%) en modelos CMIP5 bajo escenario RCP-8.5 y modelos CMIP6 bajo escenario SSP5-8.5 para el período lejano (2081-2100), contrastado con período de referencia (1986-2005).

e. Anexo V. Tablas detalle de diagramas de caja

Tabla AV-1. Estadígrafos de combinaciones periodo-escenarios en cambios de precipitación para modelos CMIP6 bajo los 1.000 m.s.n.m. (cambios en %).

Macrozona	Escenario	2021-2040					2041-2060					2081-2100				
		p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95
Norte	SSP1-2.6	-30,18	-15,14	-4,31	6,54	14,93	-30,98	-12,79	-4,80	4,82	23,26	-28,06	-10,35	0,77	10,97	36,52
Norte	SSP2-4.5	-27,07	-15,22	-4,92	5,11	19,06	-33,12	-16,94	-8,22	2,94	24,34	-31,25	-19,41	-6,81	4,92	32,11
Norte	SSP4-6.0	-37,73	-21,47	-4,98	2,28	26,85	-44,89	-20,4	-3,64	8,15	27,77	-35,97	-18,02	-2,68	20,55	43,60
Norte	SSP5-8.5	-30,08	-18,51	-9,63	3,69	35,39	-30,87	-23,48	-7,44	0,67	22,65	-43,75	-25,17	-4,54	17,79	51,26
Centro Norte	SSP1-2.6	-22,81	-11,74	-5,17	0,97	10,72	-25,21	-16,31	-9,09	1,12	17,79	-26,39	-12,06	-6,01	3,01	23,64
Centro Norte	SSP2-4.5	-23,46	-13,36	-7,44	1,23	10,95	-38,41	-15,29	-7,76	-2,16	12,86	-32,95	-21,20	-11,61	-0,95	20,17
Centro Norte	SSP4-6.0	-25,4	-21,79	-9,37	1,87	7,30	-28,20	-23,04	-15,03	-9,80	3,13	-35,04	-24,77	-20,58	-9,45	16,54
Centro Norte	SSP5-8.5	-28,86	-18,74	-11,06	0,35	15,54	-31,66	-21,53	-13,57	-3,64	6,04	-55,50	-33,07	-12,69	7,14	24,42
Centro	SSP1-2.6	-20,34	-15,91	-9,17	-3,14	5,65	-21,84	-15,64	-10,89	-1,95	11,94	-27,20	-18,51	-7,58	1,02	12,68
Centro	SSP2-4.5	-21,66	-15,95	-9,70	-1,31	7,35	-27,97	-17,75	-10,24	-4,80	6,02	-30,10	-22,94	-16,73	-5,35	16,95
Centro	SSP4-6.0	-18,24	-15,42	-5,12	-3,28	4,75	-21,48	-15,7	-13,78	-8,78	-3,23	-29,25	-27,84	-26,06	-14,45	3,89
Centro	SSP5-8.5	-24,84	-16,91	-8,07	-0,19	15,25	-31,95	-22,74	-18,72	-10,70	-2,99	-50,15	-41,44	-29,28	-21,23	5,35
Centro Sur	SSP1-2.6	-15,74	-11,56	-9,00	-5,82	-1,73	-20,59	-12,32	-9,03	-4,35	2,89	-19,93	-15,41	-8,84	-2,43	7,56
Centro Sur	SSP2-4.5	-19,73	-12,86	-8,37	-3,77	1,56	-21,23	-14,3	-12,12	-7,39	-3,39	-25,70	-19,81	-16,52	-9,61	0,75
Centro Sur	SSP4-6.0	-14,80	-10,67	-5,20	-0,24	0,70	-15,77	-13,04	-11,48	-10,10	-7,46	-26,49	-24,46	-22,95	-21,22	-10,18
Centro Sur	SSP5-8.5	-23,23	-12,82	-7,33	-4,66	2,69	-27,50	-20,99	-18,98	-13,19	-7,14	-44,66	-39,69	-31,44	-25,27	-17,3
Sur	SSP1-2.6	-11,3	-7,94	-5,87	-3,06	0,88	-14,40	-9,81	-6,65	-2,32	2,08	-15,83	-8,38	-5,78	-1,47	2,39
Sur	SSP2-4.5	-11,54	-7,98	-6,25	-2,80	2,50	-14,04	-11,31	-8,91	-5,30	-2,59	-20,52	-14,88	-11,76	-8,32	-3,50
Sur	SSP4-6.0	-8,84	-6,45	-3,77	-1,26	0,78	-12,35	-11,01	-8,23	-7,93	-2,94	-18,20	-17,32	-15,99	-13,54	-8,01
Sur	SSP5-8.5	-14,04	-9,18	-5,32	-3,05	0,25	-19,50	-15,06	-11,89	-8,05	-4,42	-36,42	-30,65	-25,33	-20,22	-15,05
Austral	SSP1-2.6	-2,08	-0,48	0,18	0,79	2,67	-2,04	-0,75	0,04	0,59	1,93	-1,68	-0,68	0,27	1,24	3,77
Austral	SSP2-4.5	-1,46	-0,66	0,15	0,91	1,70	-2,76	-1,05	-0,40	0,89	2,00	-3,92	-1,28	-0,58	0,98	3,43
Austral	SSP4-6.0	-1,24	-0,99	0,82	1,22	2,11	-3,30	-0,47	-0,16	1,27	2,06	-3,22	-1,44	0,09	1,74	3,74
Austral	SSP5-8.5	-1,74	-0,86	-0,15	0,9	2,35	-2,75	-1,33	-0,27	0,38	1,42	-7,09	-3,84	-2,42	-1,16	2,74

Tabla AV-2. Estadígrafos de combinaciones periodo-escenarios en cambios de precipitación para modelos CMIP6 sobre los 1.000 m.s.n.m. (cambios en %).

Macrozona	Escenario	2021-2040					2041-2060					2081-2100				
		p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95
Norte	SSP1-2.6	-25,27	-12,21	-3,92	6,79	15,49	-28,40	-11,71	-5,23	3,05	19,63	-22,46	-10,79	-3,07	6,75	22,07
Norte	SSP2-4.5	-26,62	-12,41	-4,04	4,69	21,24	-34,49	-14,53	-4,32	4,27	20,04	-30,19	-19,04	-6,83	2,63	23,54
Norte	SSP4-6.0	-25,34	-17,45	-4,42	4,10	27,66	-32,69	-20,11	-1,73	14,78	31,57	-27,78	-15,73	-0,37	20,20	44,64
Norte	SSP5-8.5	-28,16	-14,58	-8,63	2,79	22,98	-32,84	-22,21	-4,52	5,50	17,24	-43,25	-24,08	0,78	19,31	42,09
Centro Norte	SSP1-2.6	-18,14	-7,69	-2,37	2,21	12,33	-21,79	-14,33	-5,70	2,81	14,11	-18,72	-10,42	-5,46	2,04	17,16
Centro Norte	SSP2-4.5	-21,24	-10,97	-4,67	2,74	9,95	-33,70	-14,80	-4,63	0,34	12,34	-27,98	-16,59	-7,00	1,82	24,16
Centro Norte	SSP4-6.0	-19,93	-17,18	-5,87	4,04	6,64	-25,54	-20,19	-13,32	-1,89	6,28	-27,65	-19,10	-15,25	2,29	16,78
Centro Norte	SSP5-8.5	-23,43	-16,14	-7,70	3,19	15,50	-28,04	-16,39	-8,00	0,89	8,81	-38,94	-23,52	-1,32	16,96	41,31
Centro	SSP1-2.6	-16,80	-12,08	-5,67	-0,27	6,55	-19,75	-12,52	-8,06	0,60	11,39	-24,55	-12,55	-6,31	1,71	19,08
Centro	SSP2-4.5	-21,09	-12,15	-6,09	0,54	9,97	-24,34	-14,08	-8,07	-2,21	6,00	-23,58	-17,85	-13,16	-3,03	19,76
Centro	SSP4-6.0	-15,58	-13,65	-3,63	-2,45	5,62	-17,02	-12,14	-11,45	-10,08	1,11	-25,38	-25,16	-18,57	-9,79	8,79
Centro	SSP5-8.5	-19,48	-14,60	-6,31	0,13	15,30	-27,59	-18,19	-14,41	-7,80	0,74	-44,24	-26,54	-20,09	-11,03	11,11
Centro Sur	SSP1-2.6	-15,25	-11,26	-8,27	-4,69	0,82	-20,14	-10,64	-8,25	-5,08	2,83	-19,01	-13,29	-7,63	-1,63	7,73
Centro Sur	SSP2-4.5	-16,31	-12,19	-6,58	-2,74	2,74	-19,04	-14,16	-8,94	-6,09	-2,06	-22,49	-18,48	-15,58	-9,41	2,95
Centro Sur	SSP4-6.0	-13,42	-12,03	-5,38	0,79	1,42	-13,28	-11,10	-9,96	-8,91	-5,14	-25,18	-22,54	-21,34	-16,14	-6,59
Centro Sur	SSP5-8.5	-18,80	-13,09	-6,16	-3,29	3,74	-25,15	-19,84	-16,98	-11,95	-4,74	-43,12	-35,66	-26,94	-20,29	-13,18
Sur	SSP1-2.6	-11,36	-8,50	-5,95	-2,88	0,58	-14,84	-9,92	-7,30	-1,71	2,39	-14,52	-9,04	-6,54	-1,80	2,10
Sur	SSP2-4.5	-12,35	-8,00	-5,51	-3,29	1,94	-14,32	-11,28	-8,57	-5,45	-2,62	-20,21	-15,74	-12,11	-8,48	-3,68
Sur	SSP4-6.0	-8,83	-6,87	-4,42	-1,29	0,65	-11,48	-10,83	-9,37	-6,87	-3,40	-18,17	-16,59	-15,09	-14,03	-8,27
Sur	SSP5-8.5	-14,22	-9,64	-5,60	-3,04	-0,60	-19,22	-15,03	-12,06	-9,22	-4,84	-35,26	-30,27	-24,61	-20,41	-13,64
Austral	SSP1-2.6	-2,73	-0,25	0,63	1,14	3,99	-2,35	-0,78	0,39	1,22	3,05	-1,77	-0,57	0,52	1,58	5,05
Austral	SSP2-4.5	-2,12	-0,51	0,34	1,01	2,16	-3,42	-1,16	0,01	1,26	2,29	-4,59	-1,86	-0,21	1,24	4,34
Austral	SSP4-6.0	-1,76	-0,70	0,27	1,41	2,45	-3,87	-1,96	-0,60	1,66	3,27	-3,89	-2,68	0,41	2,44	5,41
Austral	SSP5-8.5	-3,02	-0,82	-0,03	1,62	3,54	-3,80	-1,63	0,02	0,83	2,14	-10,18	-5,06	-2,03	0,46	3,47

Tabla AV-3. Estadígrafos de combinaciones periodo-escenarios en cambios de temperatura para modelos CMIP6 bajo los 1.000 m.s.n.m. (cambios en °C).

Macrozona	Escenario	2021-2040					2041-2060					2081-2100				
		p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95
Norte	SSP1-2.6	0,68	0,84	1,00	1,24	1,46	0,98	1,17	1,35	1,69	2,29	0,94	1,13	1,49	1,99	2,72
Norte	SSP2-4.5	0,72	0,90	1,01	1,26	1,62	1,29	1,45	1,62	2,00	2,52	1,96	2,24	2,66	2,99	3,88
Norte	SSP4-6.0	0,69	1,00	1,10	1,15	1,59	1,36	1,58	1,72	1,79	2,50	2,41	2,79	2,94	3,34	4,22
Norte	SSP5-8.5	0,94	1,04	1,18	1,43	1,74	1,69	1,96	2,14	2,69	3,23	3,65	4,19	5,03	5,76	7,18
Centro Norte	SSP1-2.6	0,64	0,74	0,97	1,11	1,33	0,88	1,04	1,29	1,46	2,01	0,81	1,03	1,36	1,77	2,47
Centro Norte	SSP2-4.5	0,69	0,78	0,96	1,13	1,50	1,03	1,32	1,59	1,83	2,29	1,63	1,91	2,47	2,97	3,50
Centro Norte	SSP4-6.0	0,63	0,79	0,98	1,07	1,51	1,16	1,32	1,58	1,68	2,39	1,91	2,53	2,68	3,16	4,04
Centro Norte	SSP5-8.5	0,73	0,96	1,11	1,27	1,59	1,55	1,80	2,03	2,44	2,99	3,01	3,87	4,72	5,31	6,38
Centro	SSP1-2.6	0,57	0,64	0,84	1,06	1,29	0,76	0,93	1,16	1,41	1,70	0,69	0,93	1,24	1,60	2,18
Centro	SSP2-4.5	0,56	0,68	0,82	1,09	1,36	0,97	1,21	1,42	1,72	2,11	1,43	1,77	2,32	2,75	3,19
Centro	SSP4-6.0	0,57	0,82	1,00	1,05	1,42	1,06	1,29	1,57	1,59	2,22	1,76	2,48	2,72	2,99	3,82
Centro	SSP5-8.5	0,60	0,81	0,99	1,17	1,51	1,44	1,64	1,91	2,17	2,82	2,76	3,74	4,28	4,98	5,95
Centro Sur	SSP1-2.6	0,50	0,59	0,65	0,91	1,16	0,66	0,76	0,96	1,23	1,64	0,58	0,80	1,02	1,49	2,08
Centro Sur	SSP2-4.5	0,45	0,60	0,71	0,94	1,19	0,88	1,04	1,25	1,50	1,92	1,30	1,57	2,00	2,53	3,11
Centro Sur	SSP4-6.0	0,46	0,68	0,79	0,91	1,28	0,83	1,04	1,25	1,46	1,95	1,45	2,19	2,38	2,58	3,35
Centro Sur	SSP5-8.5	0,53	0,67	0,85	1,02	1,35	1,18	1,42	1,62	1,90	2,61	2,60	3,16	3,91	4,54	5,59
Sur	SSP1-2.6	0,41	0,50	0,62	0,77	0,95	0,53	0,63	0,89	1,06	1,43	0,48	0,74	0,93	1,30	1,86
Sur	SSP2-4.5	0,38	0,51	0,67	0,80	1,13	0,75	0,88	1,06	1,29	1,79	1,14	1,40	1,79	2,23	2,81
Sur	SSP4-6.0	0,46	0,57	0,69	0,80	1,13	0,77	0,88	1,03	1,28	1,74	1,21	1,87	2,09	2,29	3,19
Sur	SSP5-8.5	0,47	0,62	0,70	0,88	1,18	0,90	1,24	1,38	1,64	2,36	2,44	2,78	3,54	3,87	5,18
Austral	SSP1-2.6	0,16	0,26	0,33	0,44	0,53	0,27	0,30	0,50	0,61	0,75	0,25	0,37	0,56	0,76	1,02
Austral	SSP2-4.5	0,18	0,26	0,37	0,44	0,54	0,35	0,48	0,61	0,71	0,88	0,55	0,71	0,95	1,21	1,47
Austral	SSP4-6.0	0,22	0,29	0,34	0,39	0,43	0,43	0,53	0,62	0,67	0,75	0,69	0,91	1,10	1,30	1,33
Austral	SSP5-8.5	0,19	0,30	0,38	0,48	0,59	0,38	0,61	0,79	0,91	1,09	1,08	1,42	1,73	2,18	2,71

Tabla AV-4. Estadígrafos de combinaciones periodo-escenarios en cambios de temperatura para modelos CMIP6 sobre los 1.000 m.s.n.m (cambios en °C).

Macrozona	Escenario	2021-2040					2041-2060					2081-2100				
		p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95
Norte	SSP1-2.6	0,79	0,92	1,16	1,33	1,51	1,08	1,31	1,48	1,78	2,18	1,00	1,20	1,66	1,97	2,65
Norte	SSP2-4.5	0,77	1,02	1,15	1,34	1,71	1,38	1,58	1,88	2,13	2,66	1,97	2,33	2,86	3,34	3,96
Norte	SSP4-6.0	0,79	1,06	1,12	1,32	1,73	1,52	1,56	1,96	2,13	2,71	2,47	3,10	3,23	3,82	4,55
Norte	SSP5-8.5	0,98	1,16	1,30	1,54	1,83	1,77	2,12	2,39	2,82	3,49	3,82	4,49	5,31	6,18	7,73
Centro Norte	SSP1-2.6	0,69	0,82	1,05	1,30	1,47	0,95	1,17	1,32	1,77	2,16	0,90	1,09	1,55	1,82	2,44
Centro Norte	SSP2-4.5	0,70	0,89	1,06	1,27	1,62	1,15	1,52	1,74	2,08	2,47	1,82	2,18	2,69	3,19	3,78
Centro Norte	SSP4-6.0	0,75	0,87	1,19	1,27	1,69	1,39	1,58	1,77	2,03	2,67	2,24	2,79	3,25	3,77	4,51
Centro Norte	SSP5-8.5	0,88	1,09	1,26	1,50	1,73	1,71	1,94	2,27	2,70	3,29	3,46	4,27	5,20	5,91	7,02
Centro	SSP1-2.6	0,56	0,74	0,91	1,18	1,44	0,81	0,98	1,32	1,46	1,93	0,67	0,89	1,33	1,65	2,36
Centro	SSP2-4.5	0,59	0,76	0,91	1,19	1,43	1,03	1,34	1,57	1,85	2,18	1,53	1,82	2,55	2,94	3,44
Centro	SSP4-6.0	0,70	0,87	1,13	1,14	1,54	1,25	1,55	1,75	1,81	2,39	2,00	2,77	2,91	3,41	4,09
Centro	SSP5-8.5	0,66	0,96	1,11	1,32	1,63	1,53	1,76	2,16	2,41	3,03	3,03	3,89	4,84	5,37	6,52
Centro Sur	SSP1-2.6	0,59	0,68	0,80	1,07	1,31	0,72	0,93	1,13	1,36	1,82	0,68	0,86	1,18	1,52	2,20
Centro Sur	SSP2-4.5	0,55	0,69	0,83	1,08	1,32	0,92	1,25	1,48	1,69	2,07	1,42	1,68	2,34	2,64	3,41
Centro Sur	SSP4-6.0	0,58	0,81	0,99	1,07	1,39	1,05	1,24	1,54	1,63	2,12	1,68	2,64	2,71	2,99	3,70
Centro Sur	SSP5-8.5	0,61	0,87	0,98	1,16	1,49	1,33	1,62	1,94	2,19	2,86	2,80	3,62	4,54	4,98	6,18
Sur	SSP1-2.6	0,44	0,58	0,65	0,85	1,01	0,59	0,72	0,95	1,12	1,57	0,52	0,78	1,02	1,36	2,00
Sur	SSP2-4.5	0,42	0,59	0,76	0,87	1,18	0,86	1,01	1,20	1,41	1,87	1,23	1,55	1,98	2,38	2,91
Sur	SSP4-6.0	0,52	0,66	0,78	0,85	1,19	0,88	1,01	1,14	1,43	1,83	1,34	2,11	2,26	2,52	3,33
Sur	SSP5-8.5	0,53	0,71	0,79	0,97	1,29	1,03	1,36	1,54	1,82	2,51	2,54	3,10	3,88	4,23	5,52
Austral	SSP1-2.6	0,21	0,34	0,43	0,57	0,68	0,33	0,44	0,66	0,84	1,02	0,35	0,50	0,76	1,08	1,37
Austral	SSP2-4.5	0,23	0,35	0,49	0,61	0,83	0,45	0,57	0,82	0,98	1,26	0,72	0,87	1,31	1,64	1,98
Austral	SSP4-6.0	0,25	0,35	0,52	0,55	0,68	0,49	0,59	0,91	0,97	1,09	0,78	1,23	1,50	1,76	2,17
Austral	SSP5-8.5	0,19	0,42	0,50	0,63	0,79	0,58	0,84	1,04	1,20	1,49	1,41	1,69	2,52	2,92	3,29

Tabla AV-5. Estadígrafos de combinaciones periodo-escenarios en cambios de evapotranspiración potencial para modelos CMIP6 bajo los 1.000 m.s.n.m. (cambios en %).

Macrozona	Escenario	2021-2040					2041-2060					2081-2100				
		p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95
Norte	SSP1-2.6	2,07	2,28	3,29	3,85	4,36	2,66	3,54	4,43	5,33	6,11	2,75	3,43	4,43	5,60	6,97
Norte	SSP2-4.5	2,14	2,62	3,26	3,89	4,40	3,37	4,52	5,02	5,90	6,65	5,44	6,51	8,08	8,69	9,50
Norte	SSP4-6.0	2,60	3,65	4,11	4,29	4,66	4,26	5,68	6,01	6,82	7,06	6,78	8,94	9,59	10,56	11,77
Norte	SSP5-8.5	2,50	3,01	3,74	4,40	5,06	4,35	5,41	6,38	7,32	8,36	9,73	11,67	14,22	15,31	17,47
Centro Norte	SSP1-2.6	1,73	2,30	3,46	4,05	4,87	2,83	3,68	4,33	5,18	6,26	2,70	3,16	4,27	5,57	7,28
Centro Norte	SSP2-4.5	2,16	2,61	3,24	4,34	5,03	3,55	4,44	5,12	5,99	7,60	5,23	6,63	7,65	9,85	11,11
Centro Norte	SSP4-6.0	2,54	2,86	3,75	4,28	5,35	4,47	4,65	5,16	7,11	8,63	6,37	7,80	8,50	12,26	13,49
Centro Norte	SSP5-8.5	2,45	2,84	3,72	4,61	5,72	4,52	5,66	6,35	8,22	9,80	10,49	11,44	13,25	17,03	20,68
Centro	SSP1-2.6	2,01	2,68	3,66	4,99	6,27	3,11	3,56	4,58	6,16	7,17	2,49	3,18	4,10	6,06	7,85
Centro	SSP2-4.5	1,73	2,67	3,62	4,65	5,92	3,68	4,63	5,50	6,79	8,55	6,08	6,80	8,13	10,93	12,32
Centro	SSP4-6.0	1,78	2,51	4,13	4,90	5,78	3,31	4,47	5,98	7,79	9,06	6,55	7,58	9,96	13,63	14,19
Centro	SSP5-8.5	2,11	3,03	4,00	5,04	6,60	5,08	5,85	8,03	9,42	10,89	11,44	12,82	15,61	19,86	22,59
Centro Sur	SSP1-2.6	1,95	2,59	3,48	4,24	6,03	2,33	3,69	4,60	5,37	7,76	1,94	3,17	4,07	5,74	8,63
Centro Sur	SSP2-4.5	1,92	2,64	3,59	4,65	5,94	3,97	4,56	5,64	6,78	9,54	5,94	6,96	8,55	10,16	13,63
Centro Sur	SSP4-6.0	1,79	3,31	3,80	4,02	5,54	3,16	5,00	5,94	6,44	8,30	6,13	8,38	10,42	11,56	13,59
Centro Sur	SSP5-8.5	1,99	2,85	3,77	5,40	6,44	4,52	6,05	7,71	9,13	12,43	12,16	13,73	15,63	19,72	25,13
Sur	SSP1-2.6	1,49	2,15	3,30	4,71	6,70	1,99	2,91	4,52	6,07	8,94	1,06	2,89	4,14	5,75	9,43
Sur	SSP2-4.5	1,72	2,63	3,42	4,69	6,82	3,52	4,58	5,55	8,07	11,05	5,98	7,28	8,68	10,85	15,00
Sur	SSP4-6.0	1,71	2,79	3,77	4,19	6,49	3,40	4,49	6,00	6,72	9,44	5,76	9,12	10,37	11,35	16,07
Sur	SSP5-8.5	1,56	2,85	3,74	5,61	7,41	4,98	5,79	7,25	10,76	14,21	13,84	15,68	17,38	20,74	31,91
Austral	SSP1-2.6	0,08	0,67	1,57	2,07	3,43	0,26	1,25	1,90	2,75	4,59	0,26	1,08	2,05	3,27	5,80
Austral	SSP2-4.5	0,34	0,82	1,49	2,08	3,90	1,01	1,98	2,38	3,33	5,51	1,54	3,46	3,94	4,95	7,36
Austral	SSP4-6.0	0,11	0,83	1,57	1,88	2,62	1,56	1,98	2,52	3,03	3,94	2,82	3,73	4,76	5,40	6,62
Austral	SSP5-8.5	0,14	0,73	1,42	2,55	4,03	1,39	2,19	2,91	5,03	6,95	3,60	5,69	7,92	10,11	16,61

Tabla AV-6. Estadígrafos de combinaciones periodo-escenarios en cambios de evapotranspiración potencial para modelos CMIP6 sobre los 1.000 m.s.n.m. (cambios en %).

Macrozona	Escenario	2021-2040					2041-2060					2081-2100				
		p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95	p5	p25	p50	p75	p95
Norte	SSP1-2.6	2,04	3,27	4,18	5,34	5,83	3,08	4,47	5,92	7,50	8,72	3,13	4,39	6,01	8,05	9,66
Norte	SSP2-4.5	2,97	3,45	4,53	5,11	6,31	4,48	5,95	7,20	8,00	9,96	7,10	8,01	10,14	12,20	14,54
Norte	SSP4-6.0	3,09	4,56	5,12	5,72	6,34	4,94	6,87	8,07	8,72	9,49	8,08	10,66	12,60	14,66	15,96
Norte	SSP5-8.5	3,15	4,27	4,96	6,06	7,26	5,55	6,95	8,03	10,93	11,96	12,54	14,65	16,62	22,40	27,26
Centro Norte	SSP1-2.6	2,46	3,13	3,93	5,35	6,77	3,14	4,48	5,63	7,25	9,39	2,71	4,05	5,50	7,13	10,13
Centro Norte	SSP2-4.5	2,73	3,40	4,01	5,49	7,20	4,38	5,73	6,77	8,54	11,11	6,50	8,10	9,50	11,86	17,91
Centro Norte	SSP4-6.0	3,62	4,08	5,15	6,05	6,43	5,79	6,79	8,62	9,55	10,55	8,90	9,74	13,35	15,03	18,87
Centro Norte	SSP5-8.5	3,18	4,02	4,85	6,22	8,28	5,75	6,86	8,62	10,29	14,08	12,19	14,40	17,52	21,35	32,18
Centro	SSP1-2.6	2,42	3,06	4,17	4,84	6,91	3,42	4,55	4,95	6,14	9,45	2,63	3,76	4,83	6,79	10,21
Centro	SSP2-4.5	2,27	3,03	4,30	5,22	6,95	3,95	5,75	6,93	7,61	9,97	6,12	8,05	9,63	11,80	16,14
Centro	SSP4-6.0	2,69	3,30	4,93	6,11	7,33	4,94	6,16	7,88	9,52	11,15	8,12	10,51	13,24	15,47	18,00
Centro	SSP5-8.5	2,98	3,50	4,75	5,95	7,58	5,49	7,54	8,69	11,46	12,82	12,39	15,13	17,79	24,21	27,42
Centro Sur	SSP1-2.6	2,24	2,99	4,43	5,68	6,94	3,02	4,13	5,32	7,07	9,69	2,69	3,26	5,26	7,07	10,21
Centro Sur	SSP2-4.5	1,97	3,13	4,45	5,88	7,19	4,73	5,61	6,66	8,42	10,57	6,93	8,10	10,16	13,00	16,93
Centro Sur	SSP4-6.0	2,24	3,51	4,88	6,19	6,40	4,57	5,85	7,56	9,04	9,73	8,20	10,74	13,03	15,24	16,04
Centro Sur	SSP5-8.5	2,51	3,57	4,74	6,58	8,30	6,14	7,49	9,62	11,42	15,03	14,27	16,65	18,55	25,24	30,32
Sur	SSP1-2.6	1,81	2,52	3,81	5,54	7,74	2,28	3,25	5,07	6,78	10,08	1,42	3,41	4,98	6,08	11,02
Sur	SSP2-4.5	2,00	2,99	4,11	5,16	7,34	4,44	5,35	6,58	8,33	12,04	6,55	8,56	9,72	12,63	16,70
Sur	SSP4-6.0	2,18	3,47	4,17	4,80	6,88	4,02	4,90	6,95	7,91	9,99	6,89	10,14	11,74	13,72	16,88
Sur	SSP5-8.5	2,15	3,39	4,45	6,16	8,36	5,46	6,86	8,39	11,52	16,04	14,20	17,83	20,08	23,16	37,01
Austral	SSP1-2.6	0,33	1,00	2,15	3,10	4,96	0,45	1,66	2,68	3,85	6,33	0,57	1,68	2,64	4,85	6,86
Austral	SSP2-4.5	0,59	1,12	2,06	2,74	4,29	1,55	2,68	3,24	4,81	7,11	2,43	4,41	5,57	7,30	9,91
Austral	SSP4-6.0	0,00	0,78	1,96	2,46	4,24	2,03	2,56	3,02	4,37	6,07	2,99	4,69	6,60	7,48	11,29
Austral	SSP5-8.5	0,60	1,09	2,37	3,13	5,40	2,17	2,88	4,08	7,40	9,47	5,32	8,53	11,08	13,73	22,13

f. Anexo VI. Cambios esperados en IA

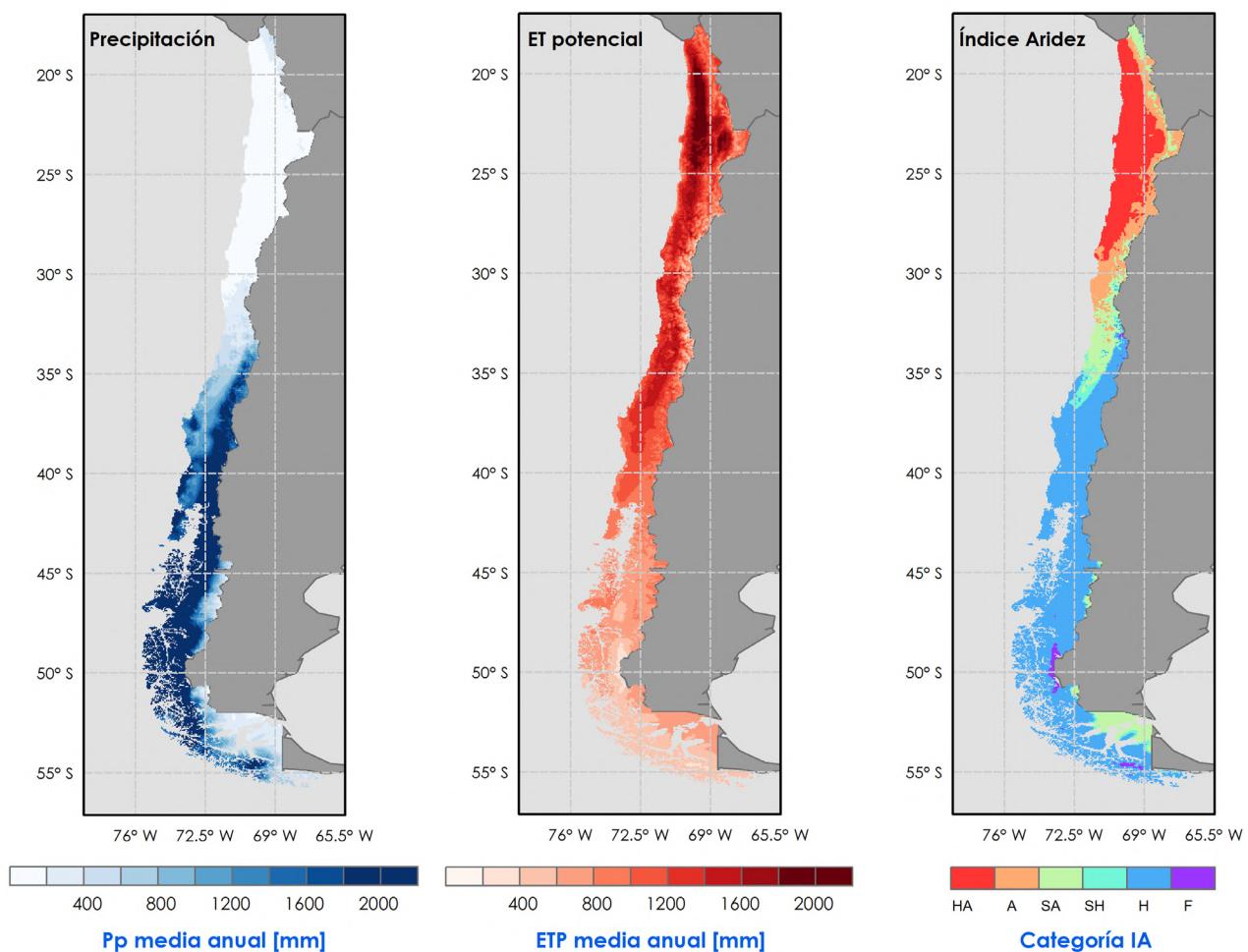


Figura AVI-1. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo cercano (2021-2040) y escenario SSP1-2.6.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

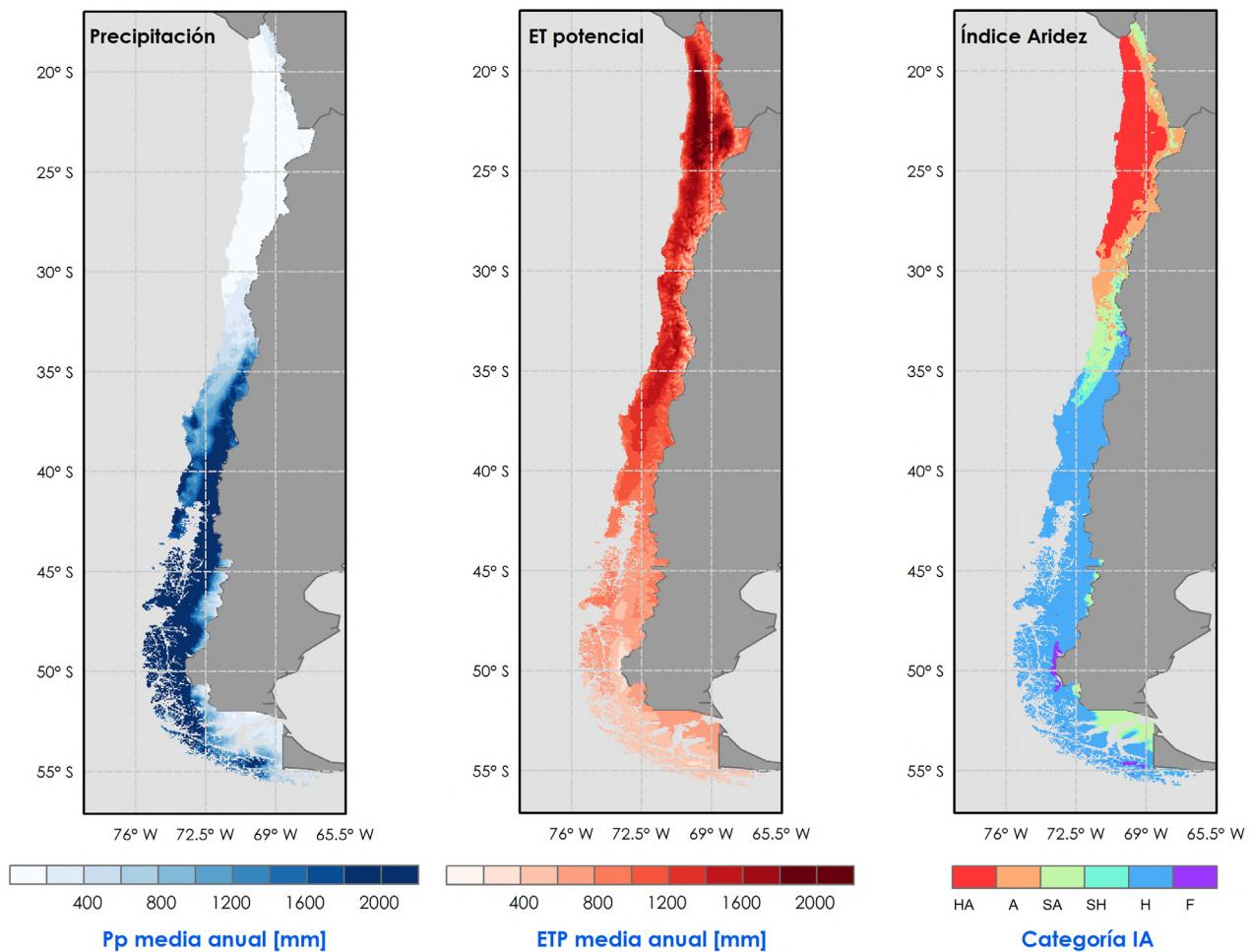


Figura AVI-2. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo intermedio (2041-2060) y escenario SSP1-2.6.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

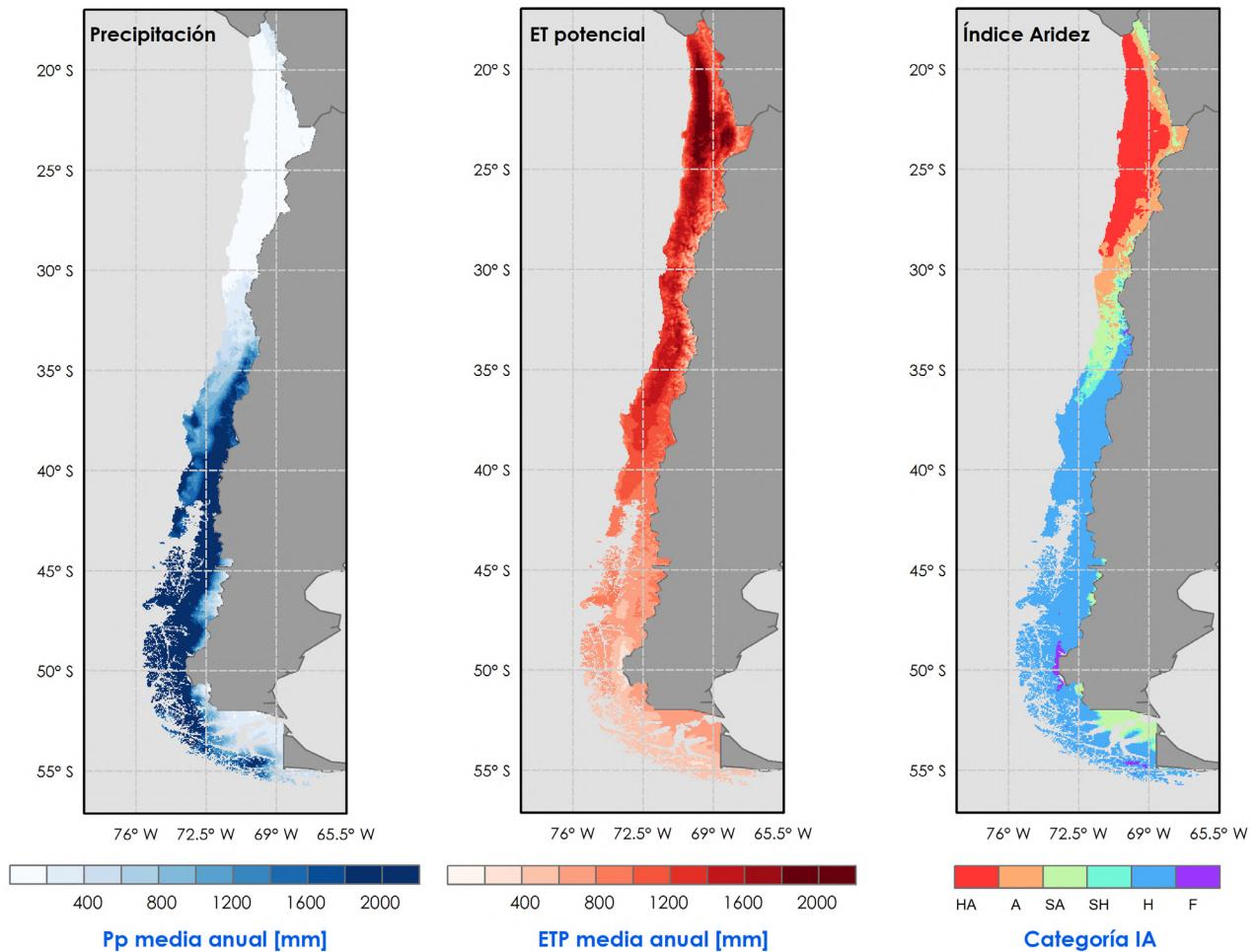


Figura AVI-3. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo lejano (2081-2100) y escenario SSP1-2.6.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

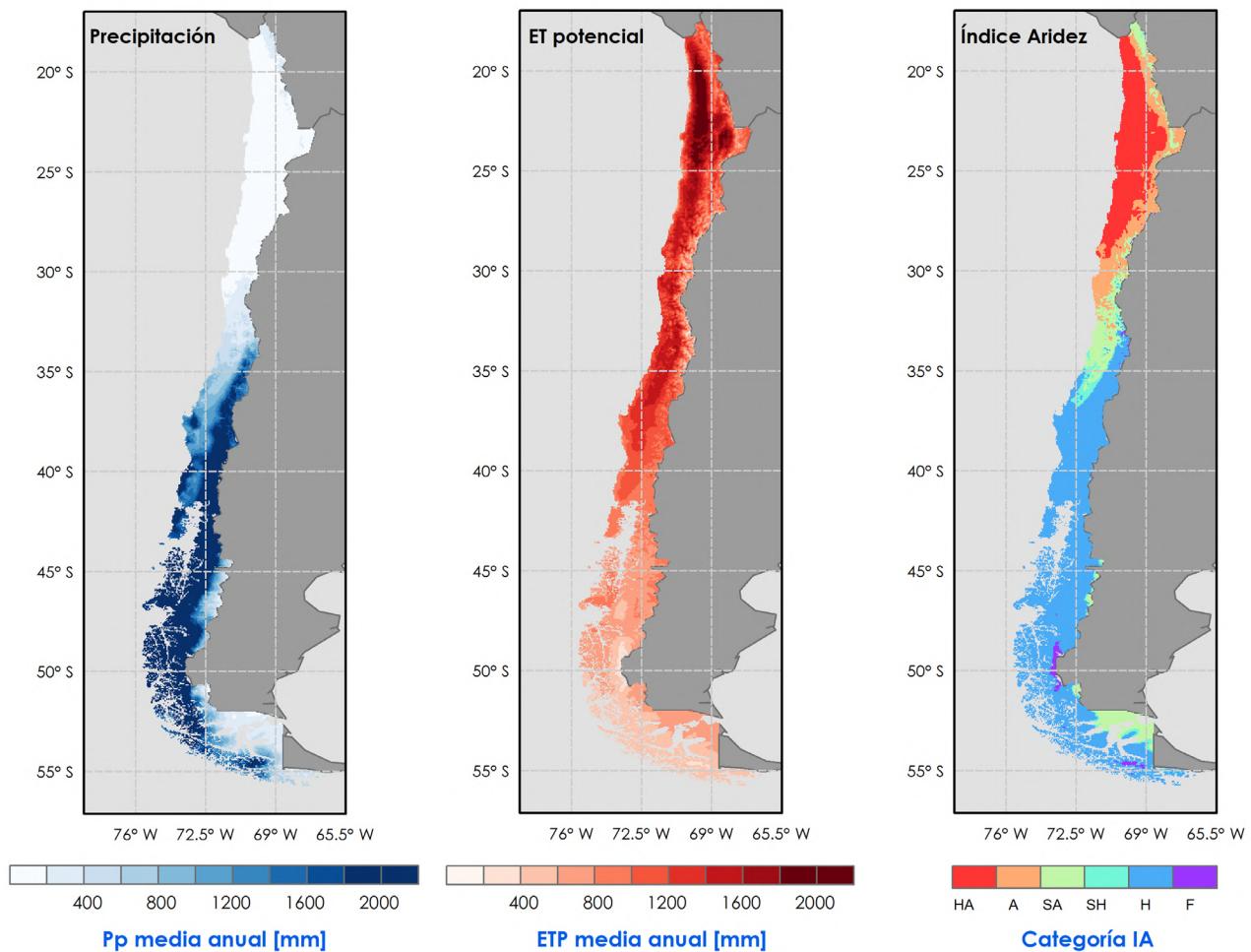


Figura AVI-4. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo cercano (2021-2040) y escenario SSP2-4.5.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

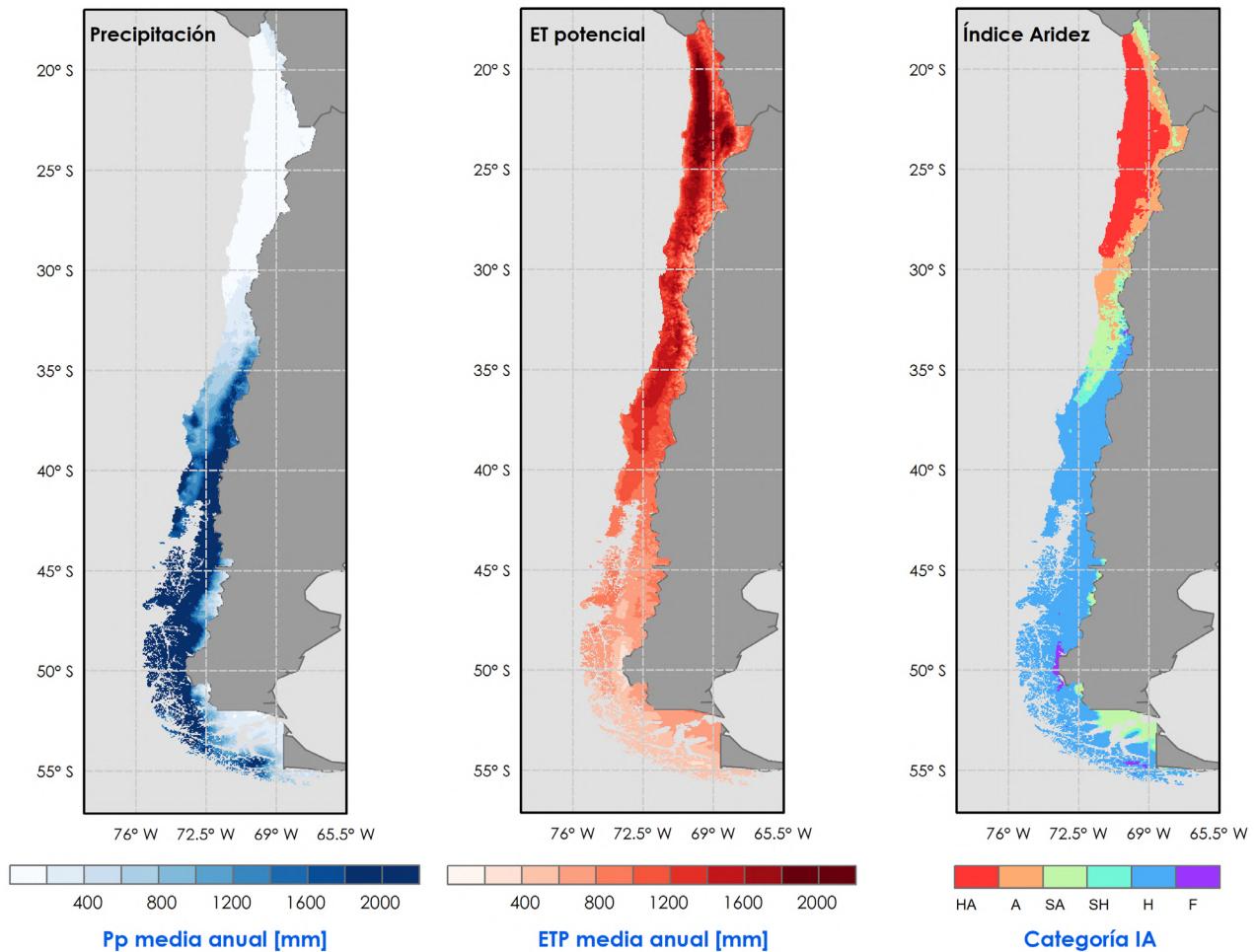


Figura AVI-5. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo intermedio (2041-2060) y escenario SSP2-4.5.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

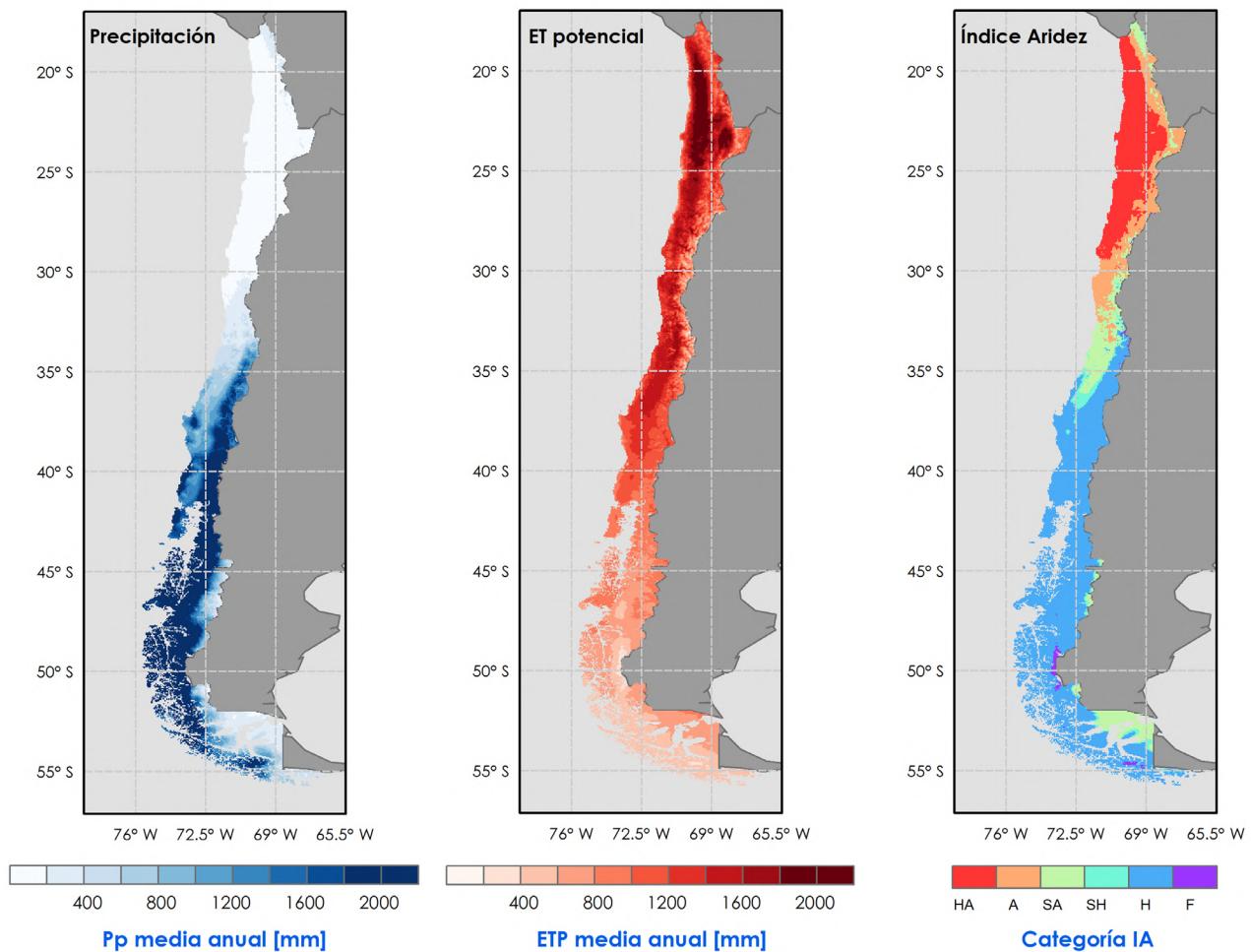


Figura AVI-6. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo lejano (2081-2100) y escenario SSP2-4.5.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

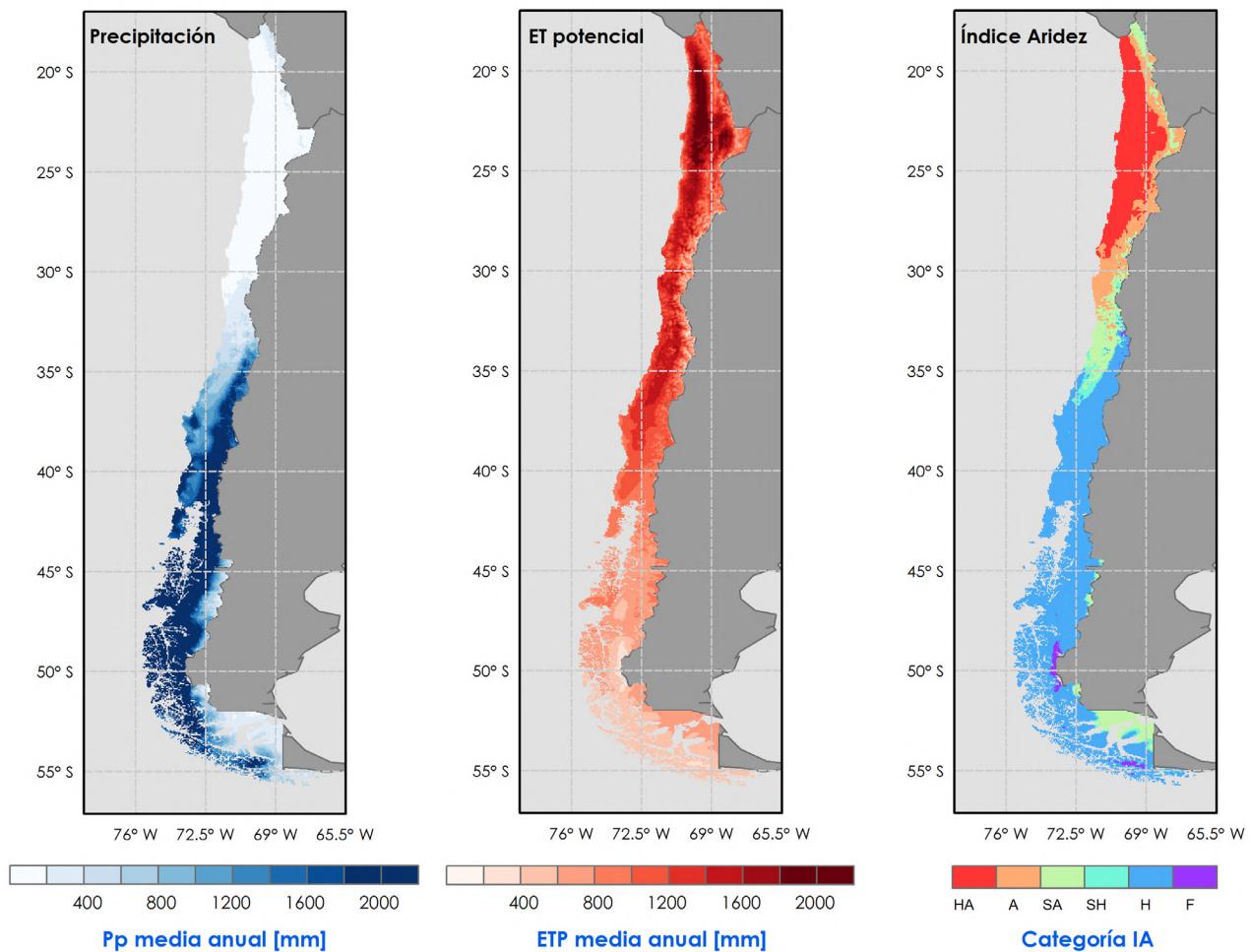


Figura AVI-7. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo cercano (2021-2040) y escenario SSP4-6.0.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

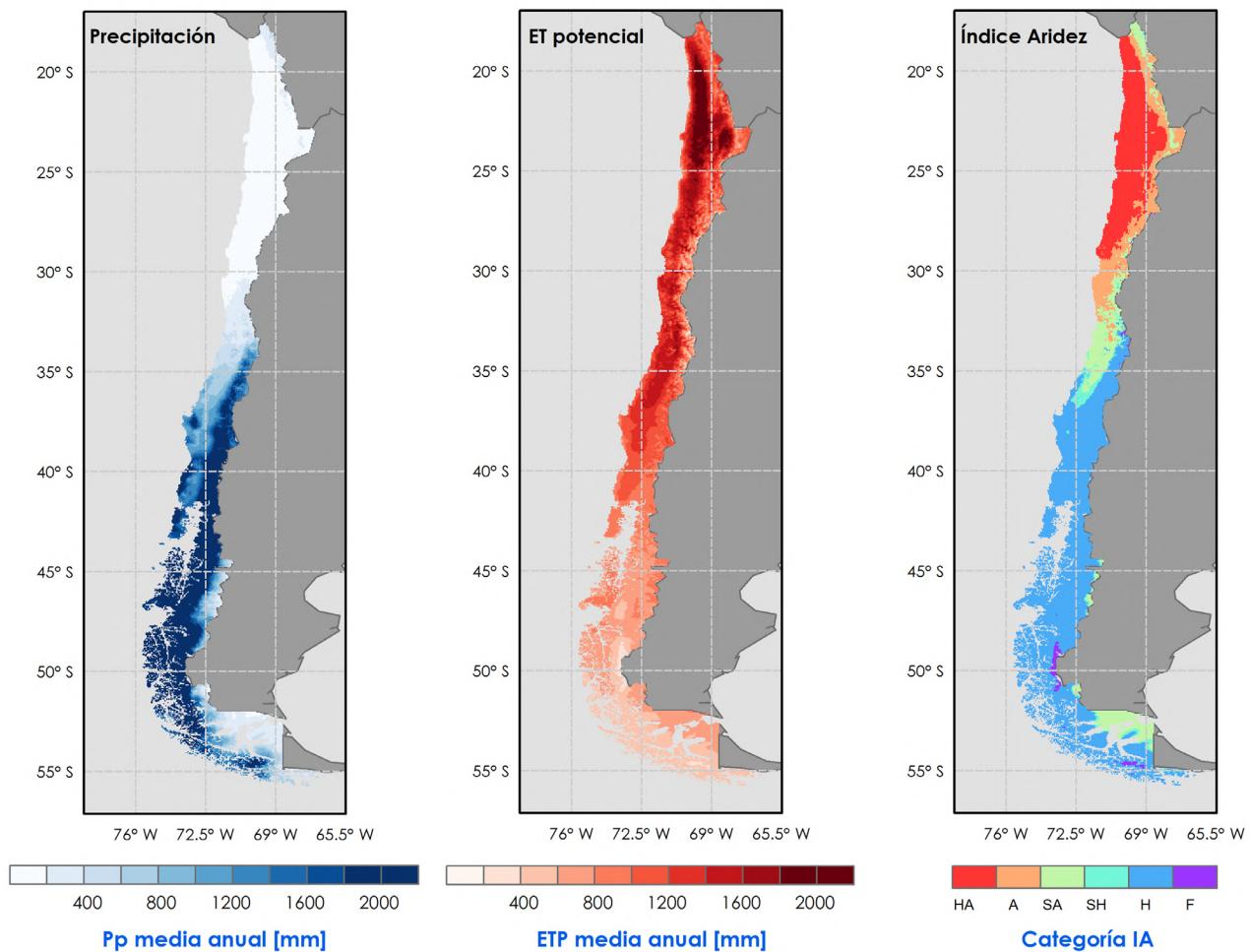


Figura AVI-8. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo intermedio (2041-2060) y escenario SSP4-6.0.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

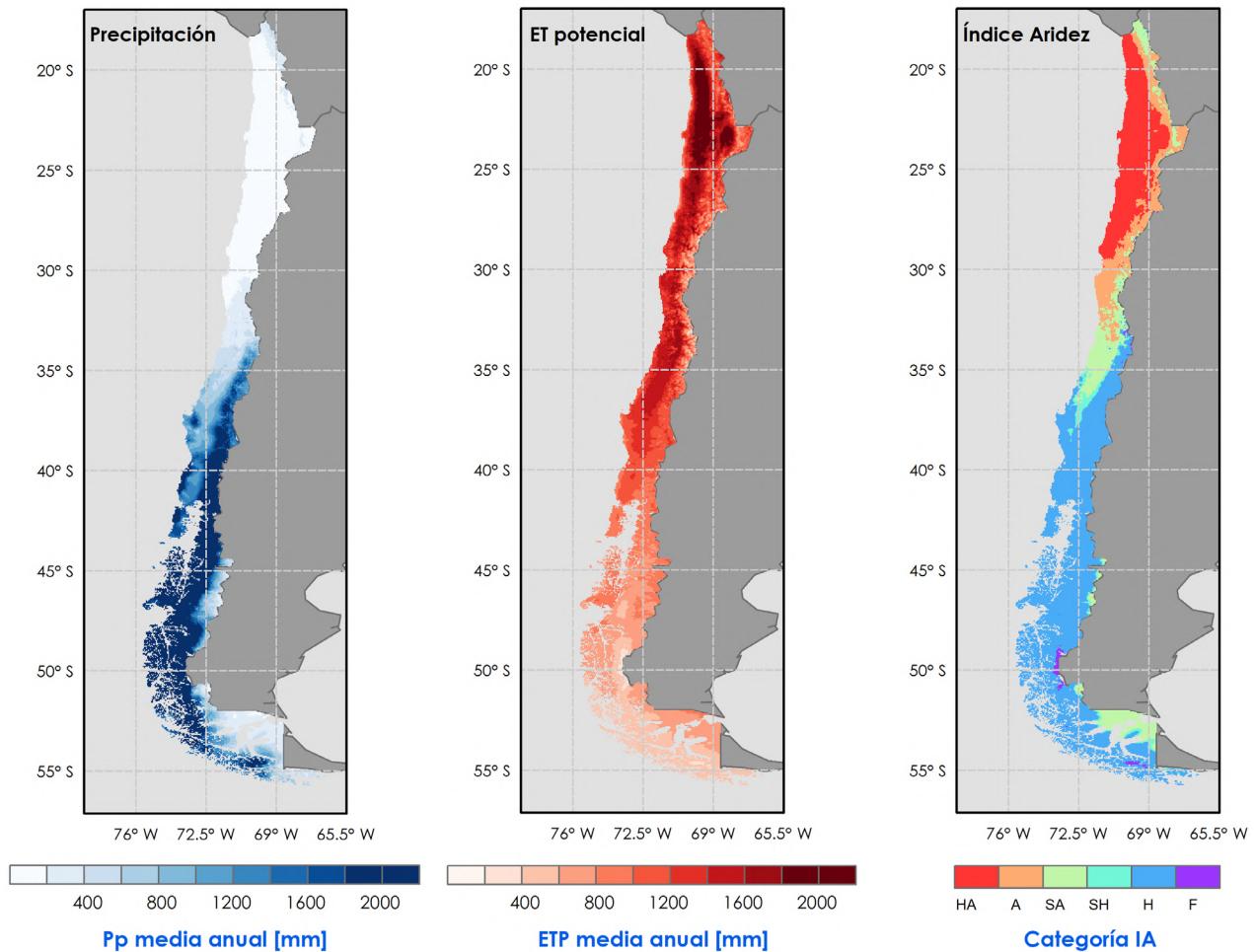


Figura AVI-9. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo lejano (2081-2100) y escenario SSP4-6.0.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

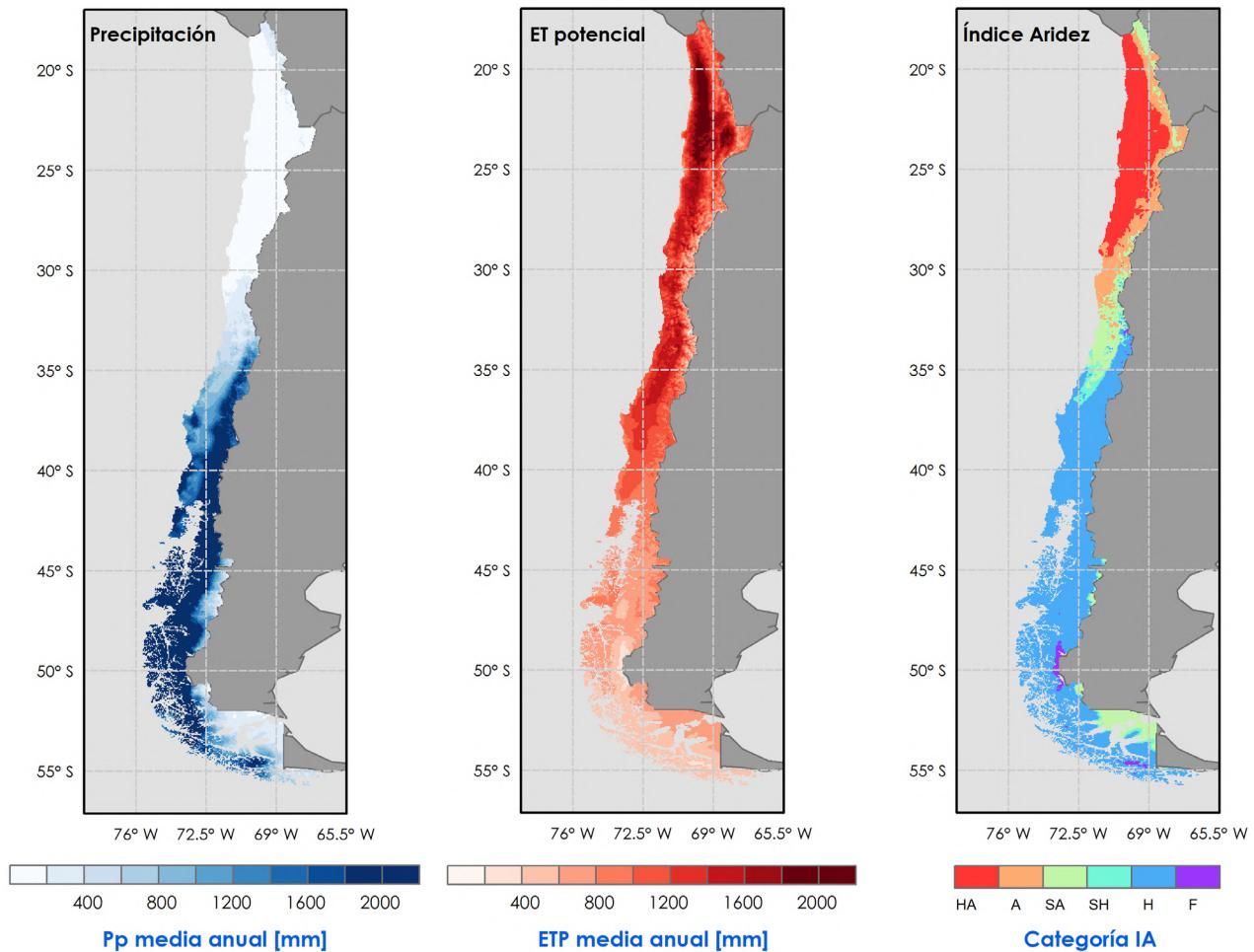


Figura AVI-10. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo cercano (2021-2040) y escenario SSP5-8.5.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

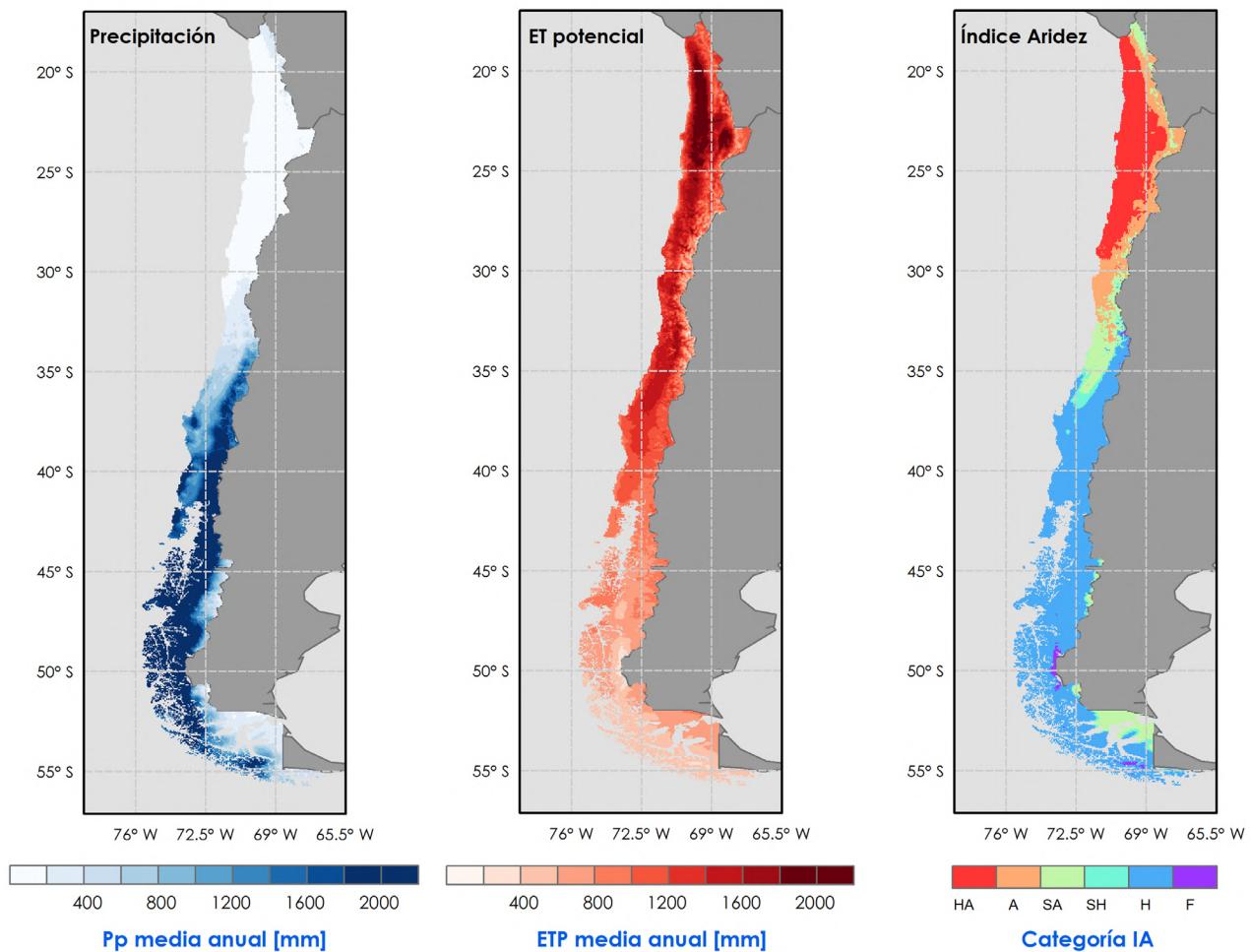


Figura AVI-11. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo intermedio (2041-2060) y escenario SSP5-8.5.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

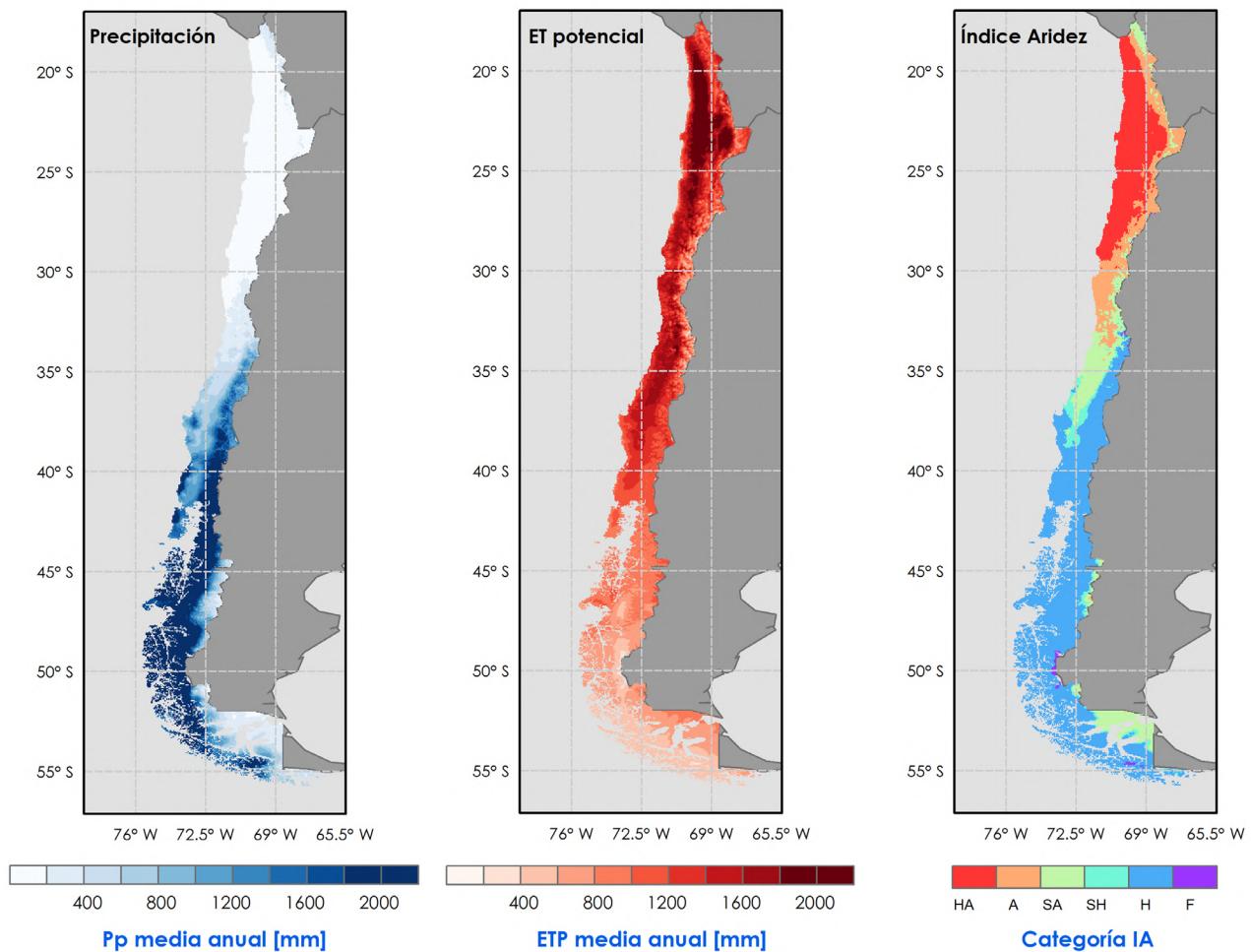


Figura AVI-12. Precipitación, evapotranspiración media anual y categorías de Índice de Aridez promedio para periodo lejano (2081-2100) y escenario SSP5-8.5.

Nota: HA: Hiperárido, A: Árido, SA: Semiárido, SH: Subhúmedo Seco, H: Húmedo, F: Frío.

SSP1-2.6 2021-2040

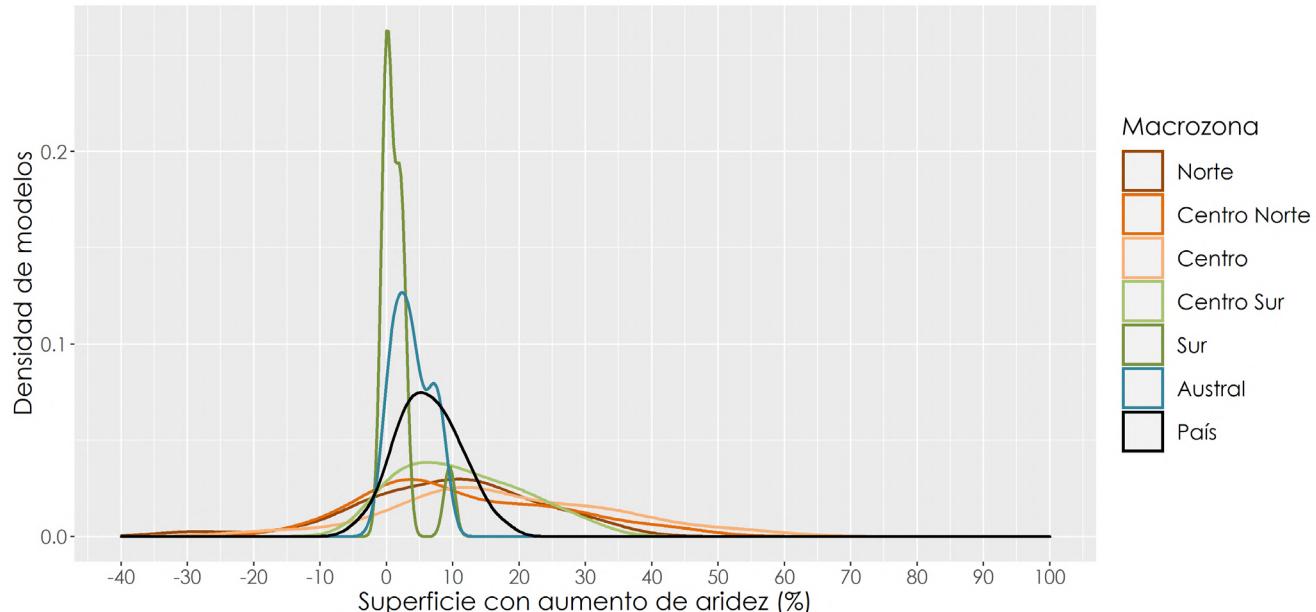


Figura AVI-13. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP1-2.6 y periodo 2021-2040.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP1-2.6 2041-2060

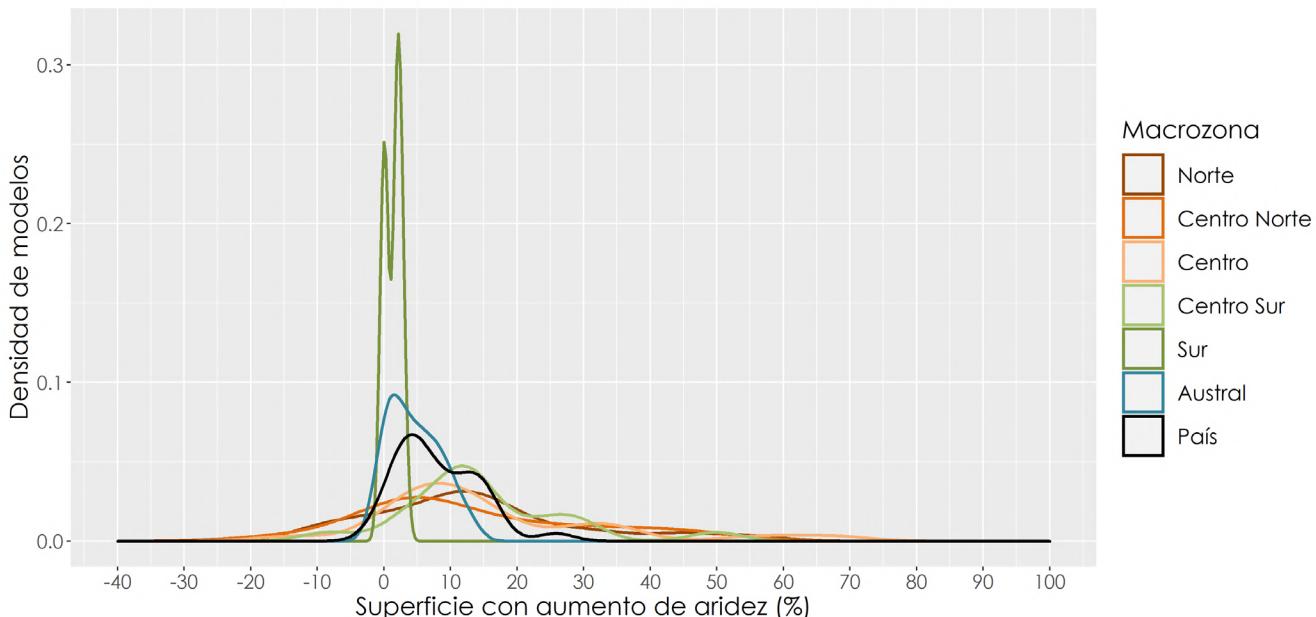


Figura AVI-14. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP1-2.6 y periodo 2041-2060.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP1-2.6 2081-2100

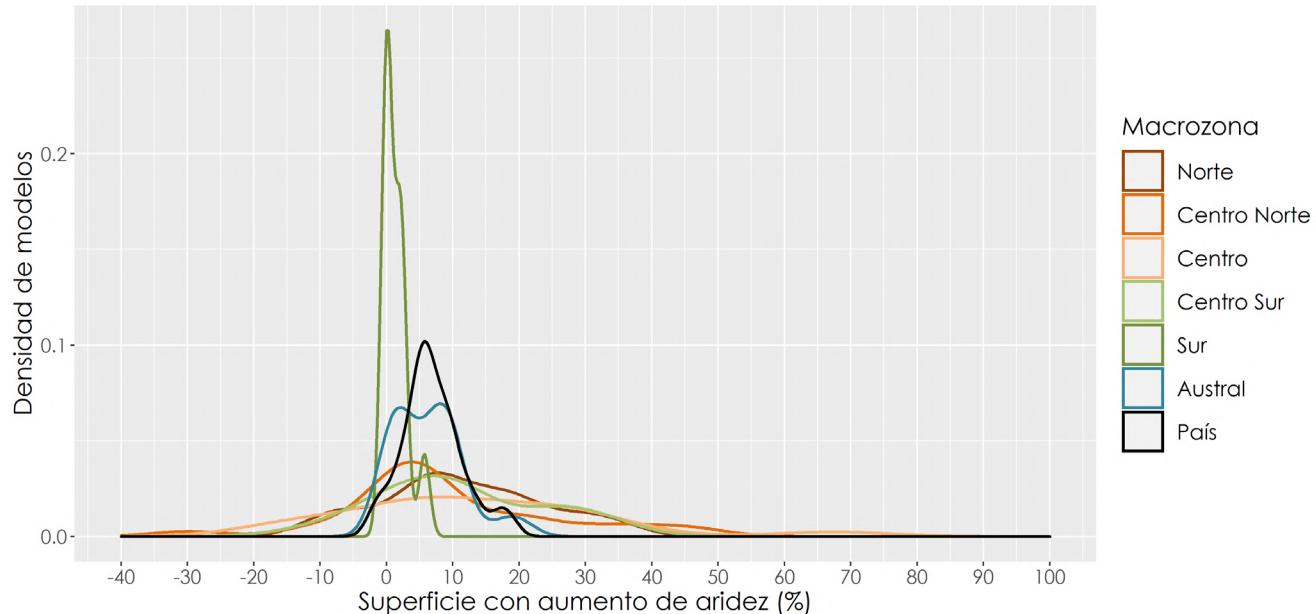


Figura AVI-15. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP1-2.6 y periodo 2081-2100.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP2-4.5 2021-2040

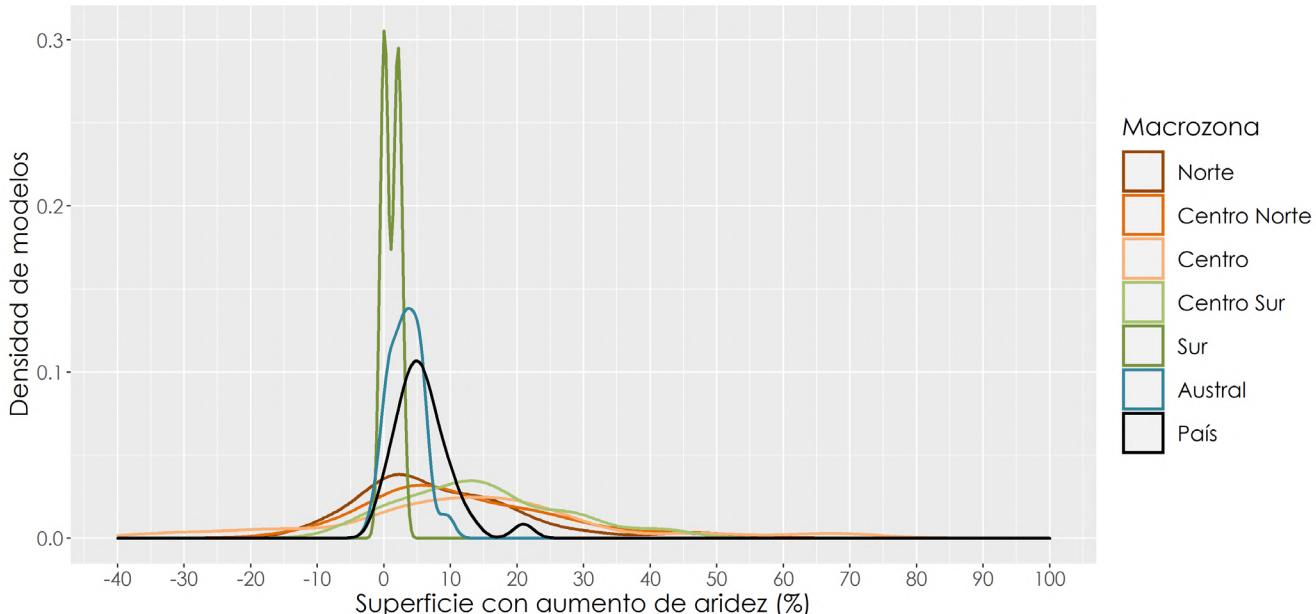


Figura AVI-16. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP2-4.5 y periodo 2021-2040.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP2-4.5 2041-2060

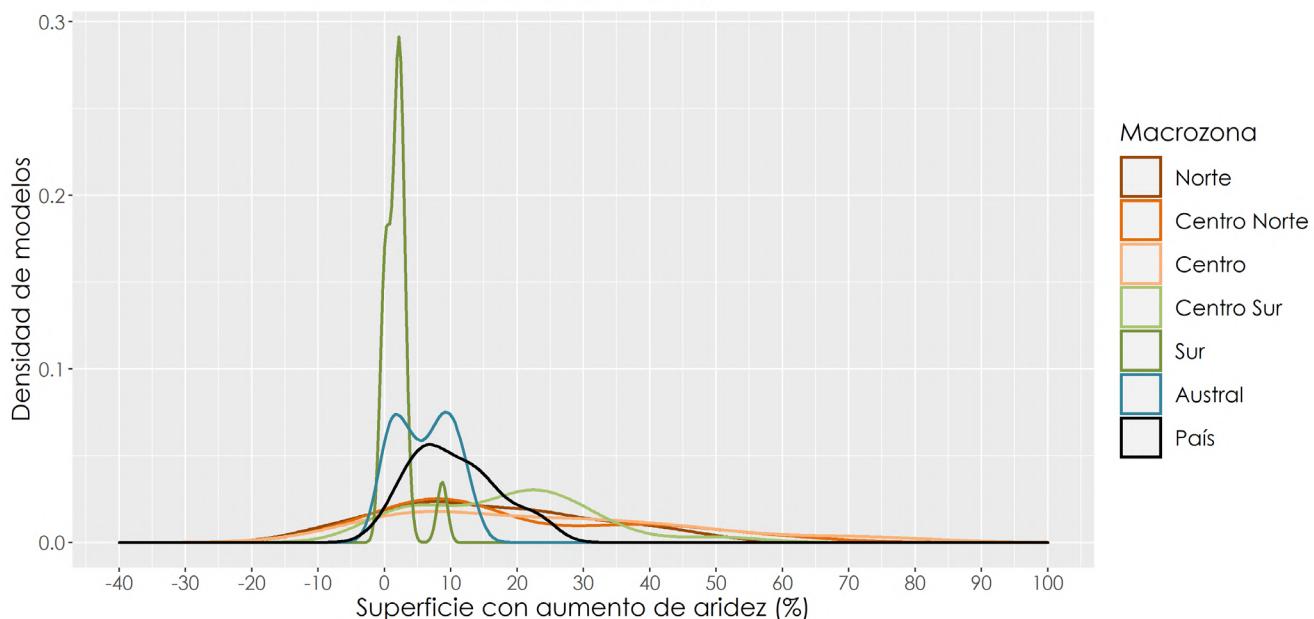


Figura AVI-17. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP2-4.5 y periodo 2041-2060.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP2-4.5 2081-2100

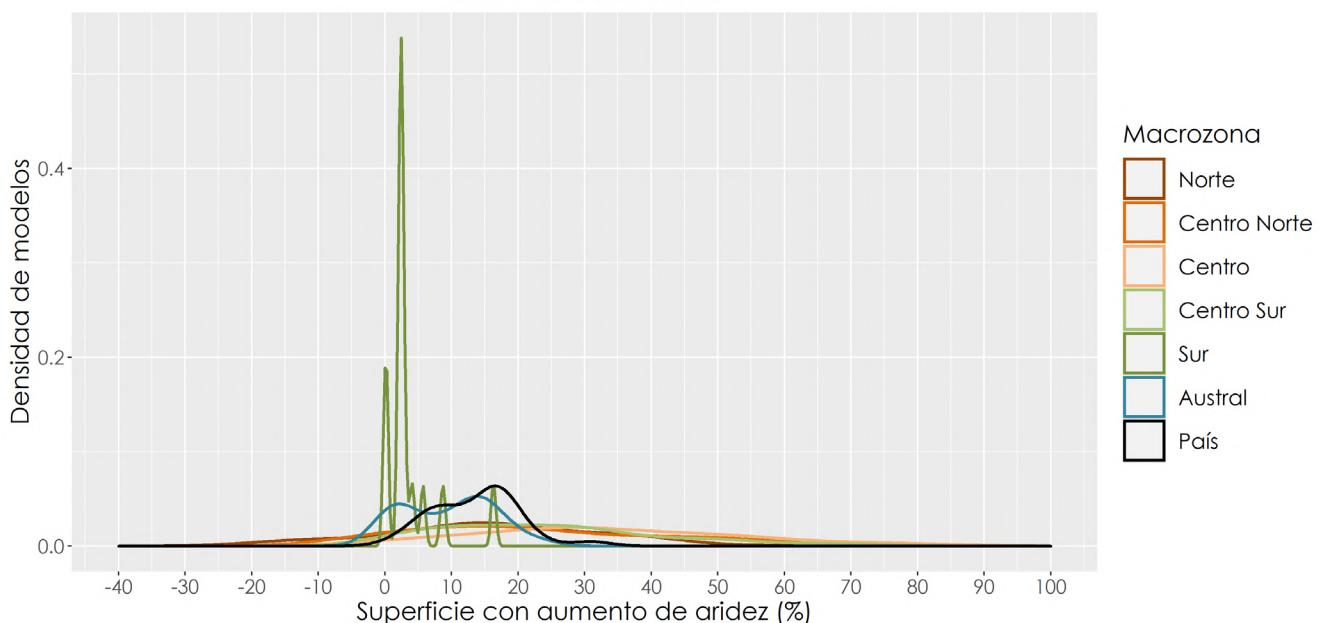


Figura AVI-18. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP2-4.5 y periodo 2081-2100.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP4-6.0 2021-2040

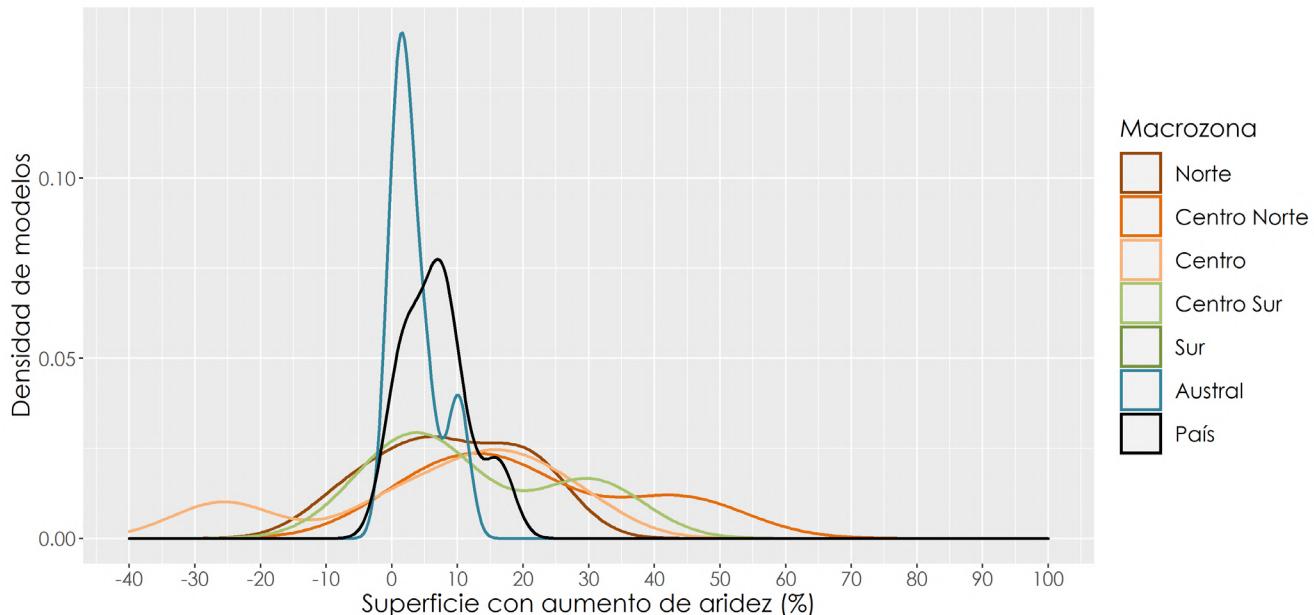


Figura AVI-19. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP4-6.0 y periodo 2021-2040.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP4-6.0 2041-2060

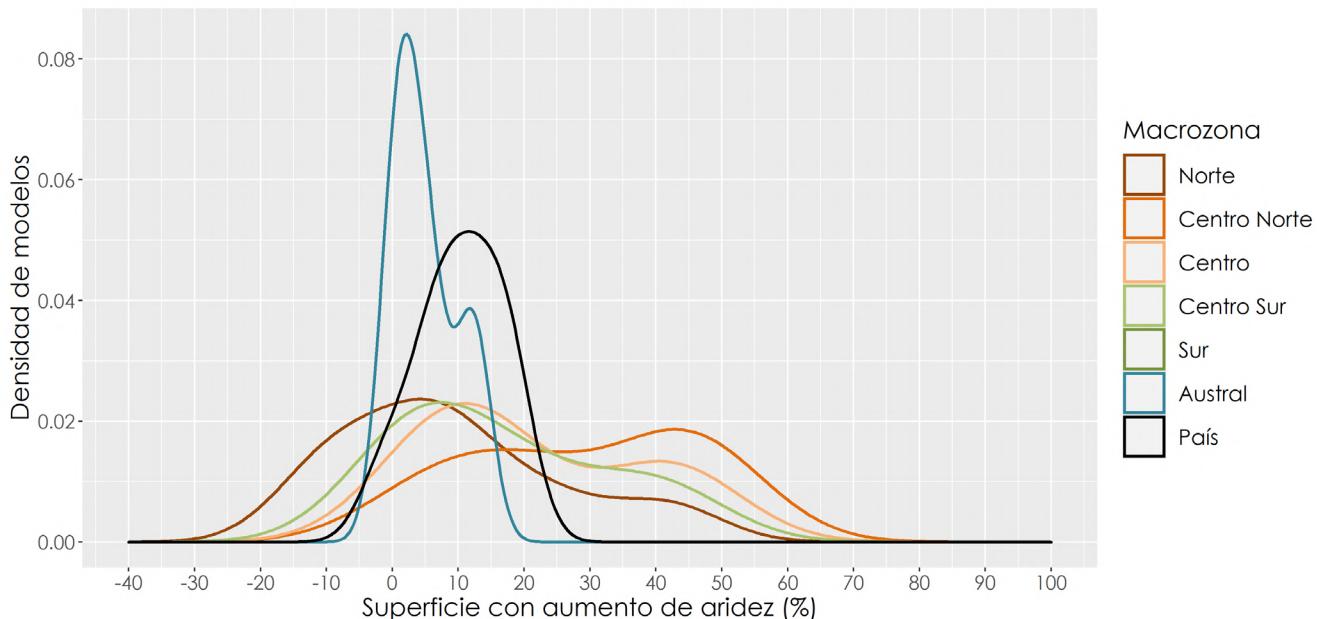


Figura AVI-20. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP4-6.0 y periodo 2041-2060.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP4-6.0 2081-2100

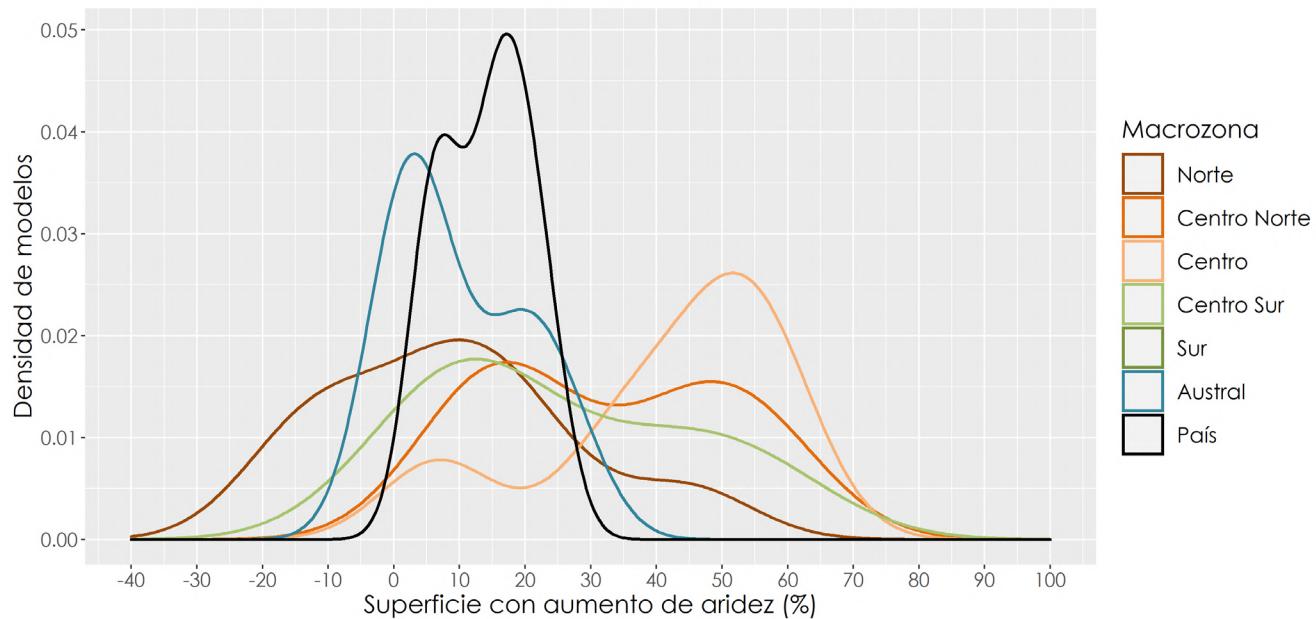


Figura AVI-21. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP4-6.0 y periodo 2081-2100.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP5-8.5 2021-2040

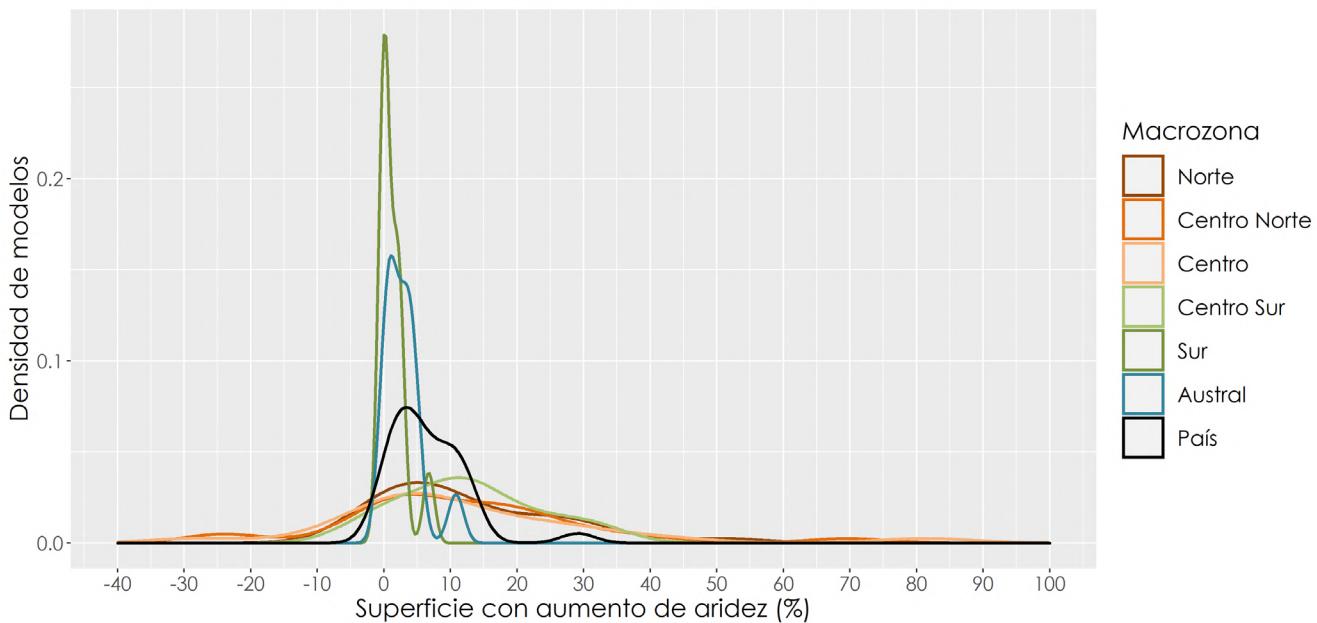


Figura AVI-22. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP5-8.5 y periodo 2021-2040.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP5-8.5 2041-2060

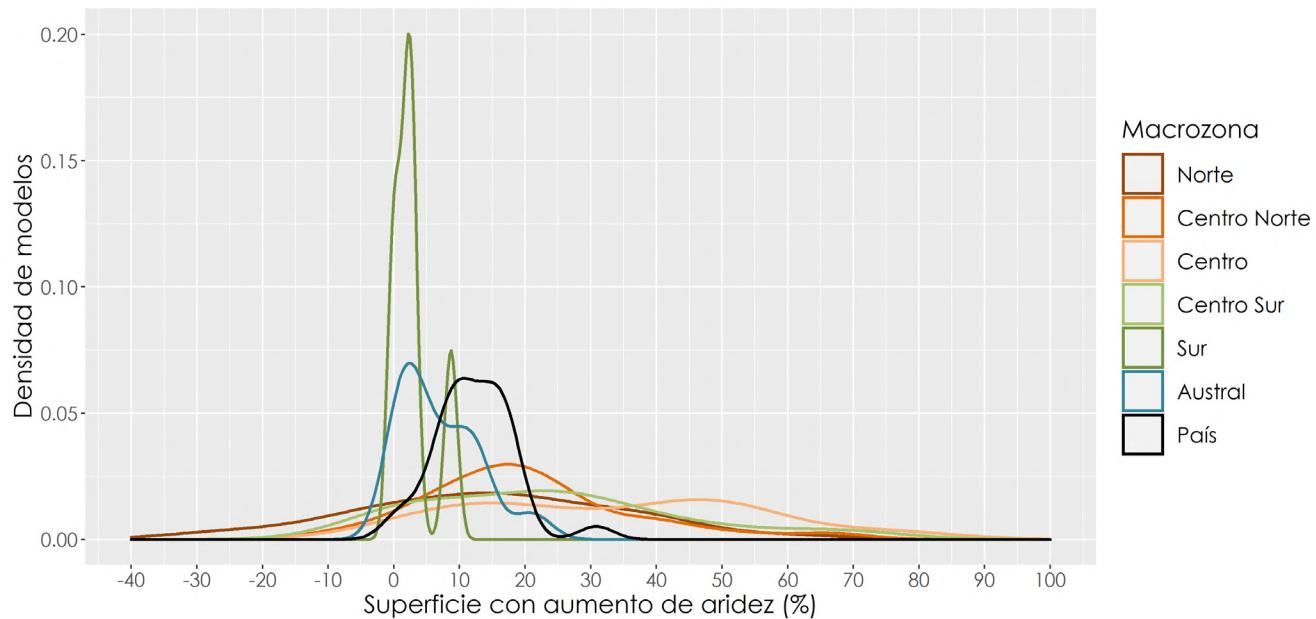


Figura AVI-23. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP5-8.5 y periodo 2041-2060.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.

SSP5-8.5 2081-2100

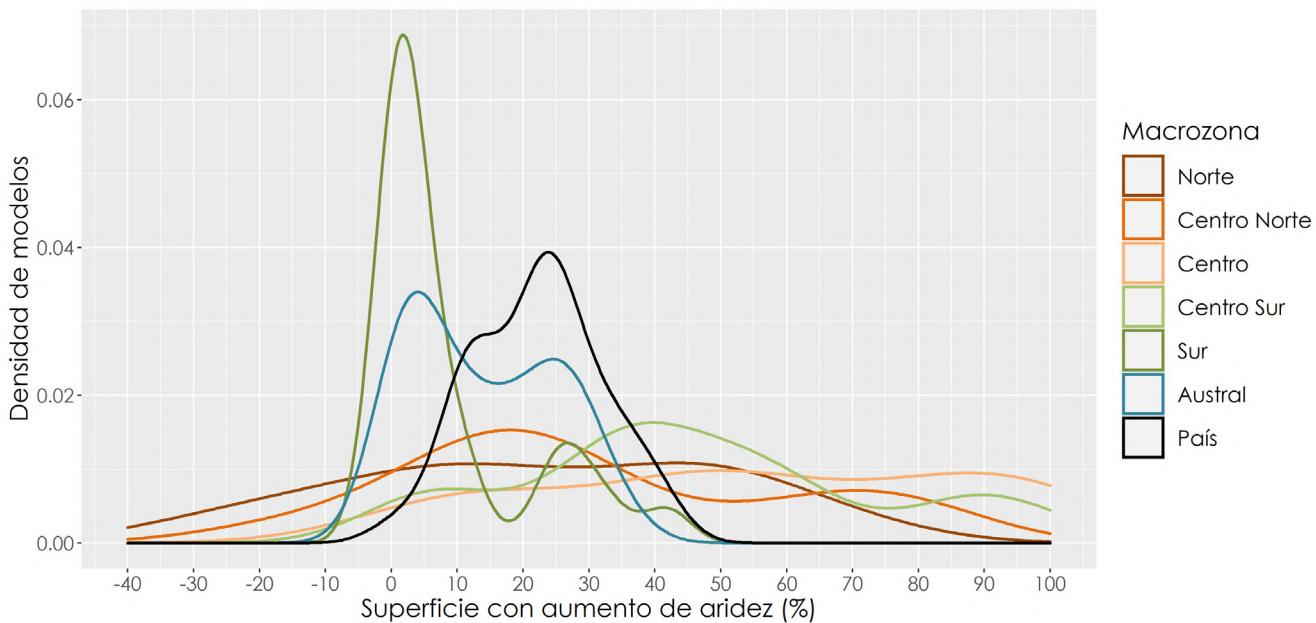


Figura AVI-24. Densidad de modelos que predicen un aumento en la superficie que corresponde a niveles crecientes de índice de aridez para el escenario de emisión SSP5-8.5 y periodo 2081-2100.

Nota: Se presenta la información a nivel de macrozona y a nivel país.



Centro UC
Cambio Global

cambioglobal.uc.cl