



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL

INFORME FINAL

ANEXO F – PROYECTO SIG Y ATLAS DE MAPAS

**REALIZADO POR:
UNIVERSIDAD DE CHILE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE**

S.I.T. N° 417

SANTIAGO, OCTUBRE DE 2017

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Comercial, Sr. Alberto Undurraga Vicuña

Director General de Aguas
Abogado Sr. Carlos Estévez Valencia

Jefe División de Estudios y Planificación
Ingeniero Civil, Sr. Adrián Lillo Zenteno

Inspector Fiscal
Ingeniero Civil, PhD. Gustavo Calle Vásquez

Inspector Fiscal (s)
Ingeniero Civil en Geografía, Sr. Juan Carlos Salgado González

UNIVERSIDAD DE CHILE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

JEFA DE PROYECTO
Ingeniera Civil, Sra. Ximena Vargas M. (UCH)

ESPECIALISTAS

Especialista en Hidrología
Ingeniero Civil, PhD. Sr. James McPhee T. (UCH)

Especialista en Meteorología
Ingeniero Civil Químico, PhD. Sr. Roberto Rondanelli (UCH)

Especialista en Hidrogeología
Geóloga, PhD. Sra. Linda Daniele (UCH)

Especialista en Variabilidad Climática
Ingeniero Civil Ambiental, PhD. Sr. Sebastián Vicuña (PUC)

Especialista en Evapotranspiración en Cubierta Vegetal
Agrónomo, PhD. Sr. Francisco Meza (PUC)

Especialista en Evaporación - Altiplano y cuencas endorreicas
Ingeniero Civil Hidráulico, PhD. Sr. Francisco Suárez P. (PUC)

Especialista en SIG y Coordinador Técnico del Proyecto
Ingeniero Civil, MSc. Sr. Miguel Lagos Z. (UCH)

Especialista en Hidrología y Asimilación de Datos
Ingeniero Civil, PhD. Sr. Pablo Mendoza (UCH)

UNIVERSIDAD DE CHILE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

EQUIPO DE PROFESIONALES POR ESPECIALIDAD

HIDROLOGÍA

Ingeniero Civil, MSc. Javier Cepeda A. (UCH)
Ingeniero Civil, MSc. Nicolás Vásquez P. (UCH)

HIDROGEOLOGÍA

Geólogo, MSc. Sr. Angello Negri (UCH)

METEOROLOGÍA

PhD. en Ciencias Atmosféricas. Sr. Juan Pablo Boisier (UCH)

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - GLACIOLOGÍA

Geógrafo, MSc., Sr. Alexis Caro (UCH)
Geógrafo, Sr. Rodrigo Kappes (UCH)

VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Ingeniero Agrónomo, PhD. Sr. Nicolás Bambach (PUC)

EVAPOTRANSPIRACIÓN

Ingeniero Agrónomo, MSc. Sr. David Morales (PUC)
Ingeniero Civil, MSc. Sr. Jorge Sandoval (PUC)

Para citar bibliográficamente este estudio, se recomienda hacerlo de esta forma:

DGA (2017), Actualización del Balance Hídrico Nacional, SIT N° 417, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile, Realizado por: Universidad de Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile.

F. PROYECTO SIG Y ATLAS DE MAPAS

F.1 PROYECTO SIG

El proyecto SIG desarrollado en este estudio reúne los principales resultados del balance hídrico en las cinco cuencas piloto seleccionadas, así como las forzantes meteorológicas desarrolladas y recopiladas.

El proyecto SIG contempla 6 GeoDataBase, ordenadas estructuralmente según se muestra en la Tabla F.1. Dentro de cada una de ellas se muestran las forzantes, variables de estado y flujos asociados a cada componente del balance para el periodo histórico (1985-2015); así como las proyecciones de cambio climático asociadas a los 4 GCM

seleccionados para estudiar variabilidad climática: CCSM4, CSIRO, IPSL y MIROC (2030-2060).

En el caso de las forzantes, es importante recalcar que se presentan resultados a nivel de mapas para el periodo (1985-2015) para precipitación y temperatura, en el caso del viento corresponde al periodo (1980-2015) pues corresponde al producto generado en el explorador eólico¹.

Tabla F.1: Archivos que contienen las distintas geodatabase del proyecto SIG generado en este estudio

GeodataBase		Variables en escenario histórico y futuro
Forzantes		<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación mensual • Temperatura media mensual • Velocidad de viento media mensual (solo histórico)
Cuencas Piloto	<ul style="list-style-type: none"> • Loa • Choapa • Maipo • Imperial • Aysén 	<ul style="list-style-type: none"> • Evapotranspiración • Escorrentía • Recarga • Equivalente en agua de nieve • Sublimación • Humedad del suelo

F.2. ATLAS DE MAPAS

En las siguientes páginas se presentan los mapas más relevantes para el presente proyecto, entre ellos se presentan mapas tamaño A3, asociados a las forzantes meteorológicas distribuidas en todo el territorio

chileno. Los periodos de tiempo comprendidos son históricos (1979-2016) y futuro (2030-2060).

Los Mapas presentes en el presente Atlas corresponden a los siguientes:

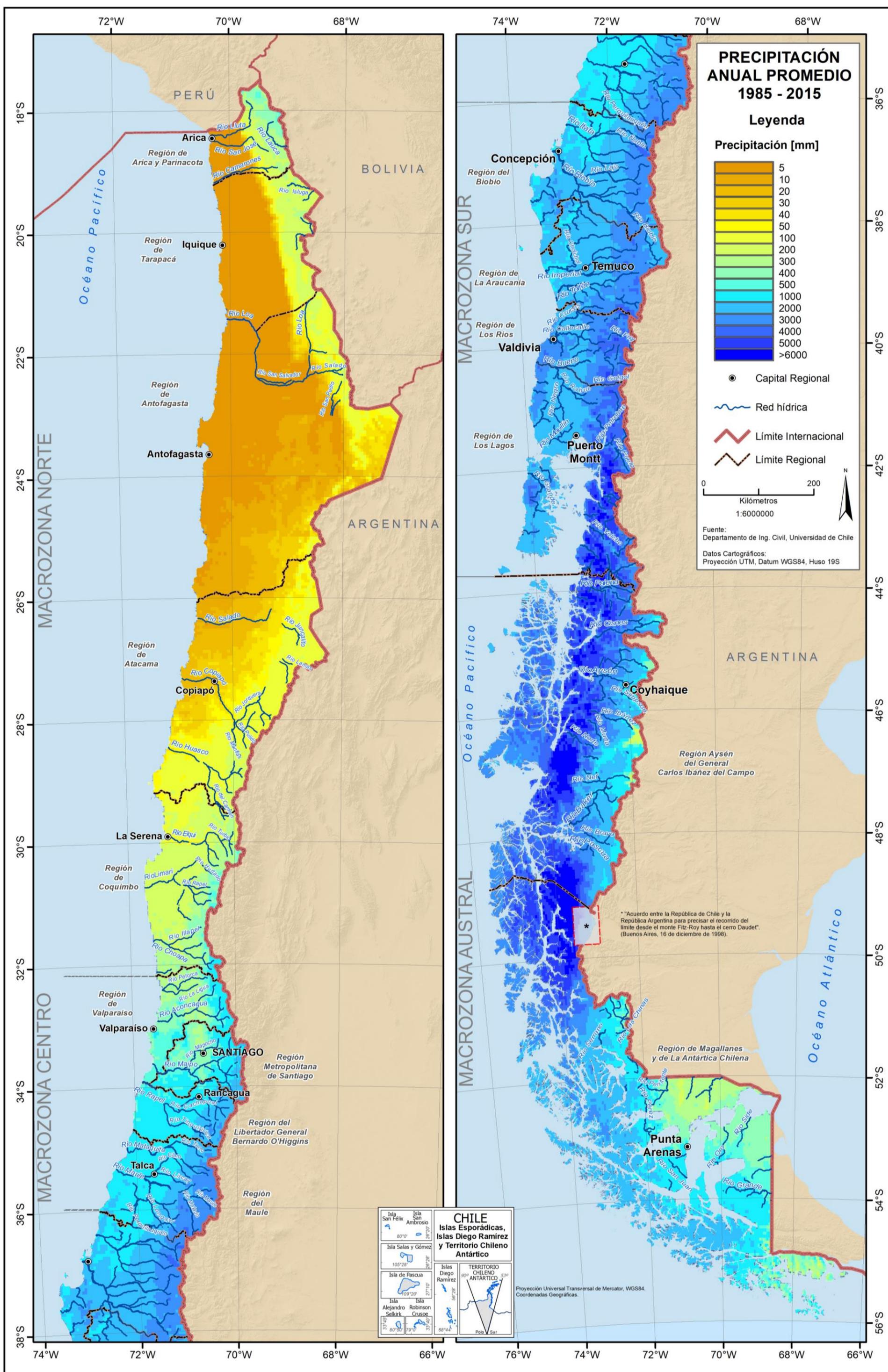
Mapa	Página
• Precipitación anual promedio, periodo (1985-2015)	3
• Temperatura anual promedio, periodo (1985-2015)	5
• Velocidad del viento anual promedio (1985-2015)	7
• Precipitación anual promedio Modelo CCSM4 periodo (2030-2060)	9
• Precipitación anual promedio Modelo CSIRO periodo (2030-2060)	11
• Precipitación anual promedio Modelo IPSL periodo (2030-2060)	13
• Precipitación anual promedio Modelo MIROC periodo (2030-2060)	15
• Temperatura anual promedio Modelo CCSM4 periodo (2030-2060)	17
• Temperatura anual promedio Modelo CSIRO periodo (2030-2060)	19
• Temperatura anual promedio Modelo IPSL periodo (2030-2060)	21
• Temperatura anual promedio Modelo MIROC periodo (2030-2060)	23

¹ <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>

Precipitación anual promedio

Mapa de precipitaciones a una resolución de 0.05 ° Latitud x 0.05 ° longitud en coordenadas geográficas WGS84.

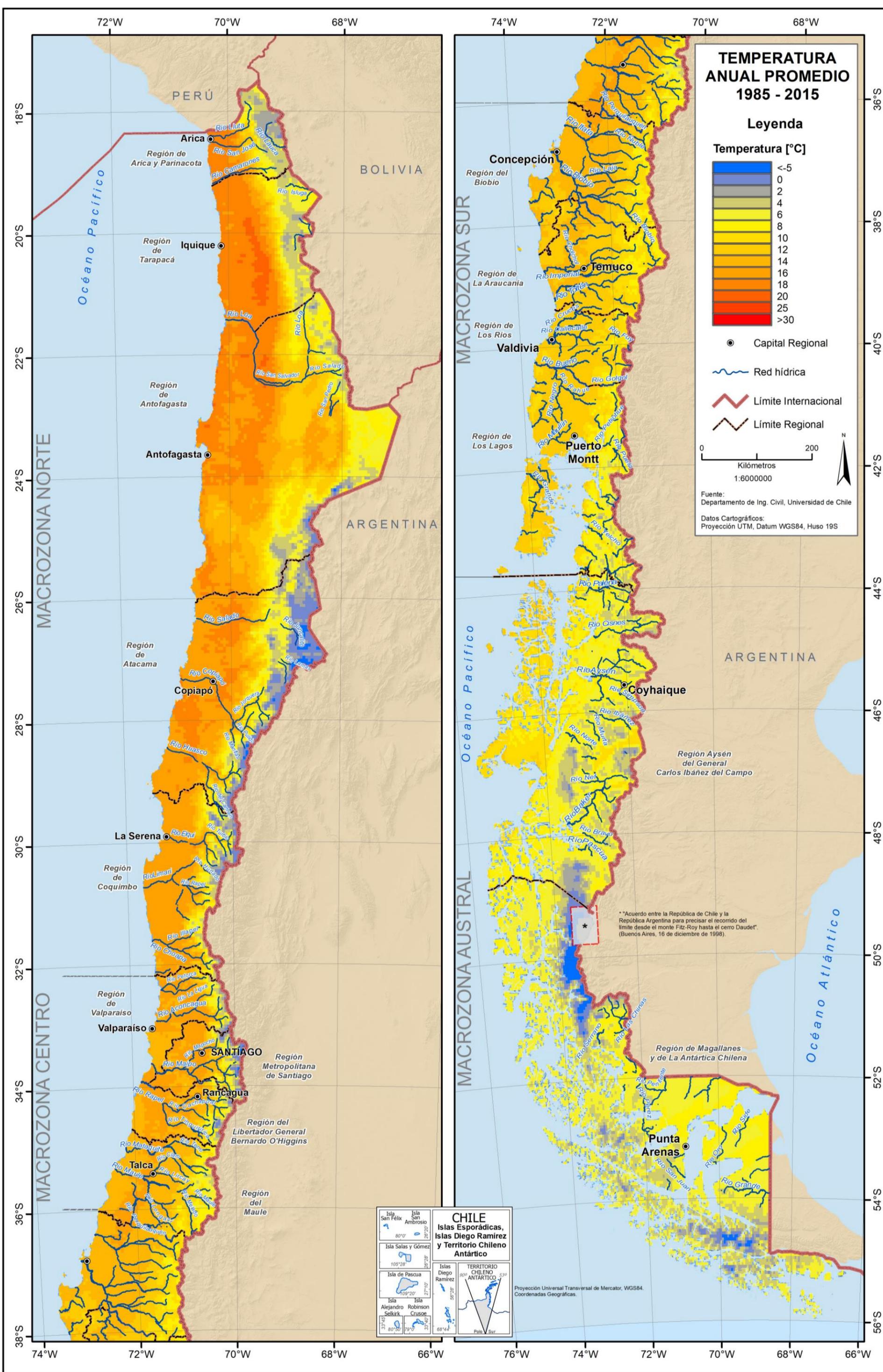
El periodo de promedio corresponde al 1985-2015 del producto V1.4 de precipitaciones obtenida del reanálisis climático estadístico desarrollado en el presente estudio.



Temperatura media anual

Mapa de temperaturas a una resolución de 0.05 ° Latitud x 0.05 ° longitud en coordenadas geográficas WGS84.

El periodo de promedio corresponde al 1985-2015 del producto V1.3 de temperaturas obtenida del reanálisis climático estadístico desarrollado en el presente estudio.



TEMPERATURA ANUAL PROMEDIO 1985 - 2015

Leyenda

Temperatura [°C]

<-5
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
25
>30

- Capital Regional
- ~ Red hídrica
- ~ Límite Internacional
- ~ Límite Regional

0 200
Kilómetros
1:6000000

Fuente: Departamento de Ing. Civil, Universidad de Chile

Datos Cartográficos: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S

CHILE Islas Esporádicas, Islas Diego Ramirez y Territorio Chileno Antártico

<p>Isla San Félix 80°0' 58°20'</p>	<p>Isla San Ambrosio 80°20' 58°20'</p>
<p>Isla Salas y Gómez 105°28' 58°28'</p>	<p>Isla de Pascua 109°20' 27'10'</p>
<p>Isla Alejandro Selkirk 80°20' 33°40'</p>	<p>Isla Robinson Crusoe 80°20' 33°40'</p>

TERRITORIO CHILENO ANTÁRTICO

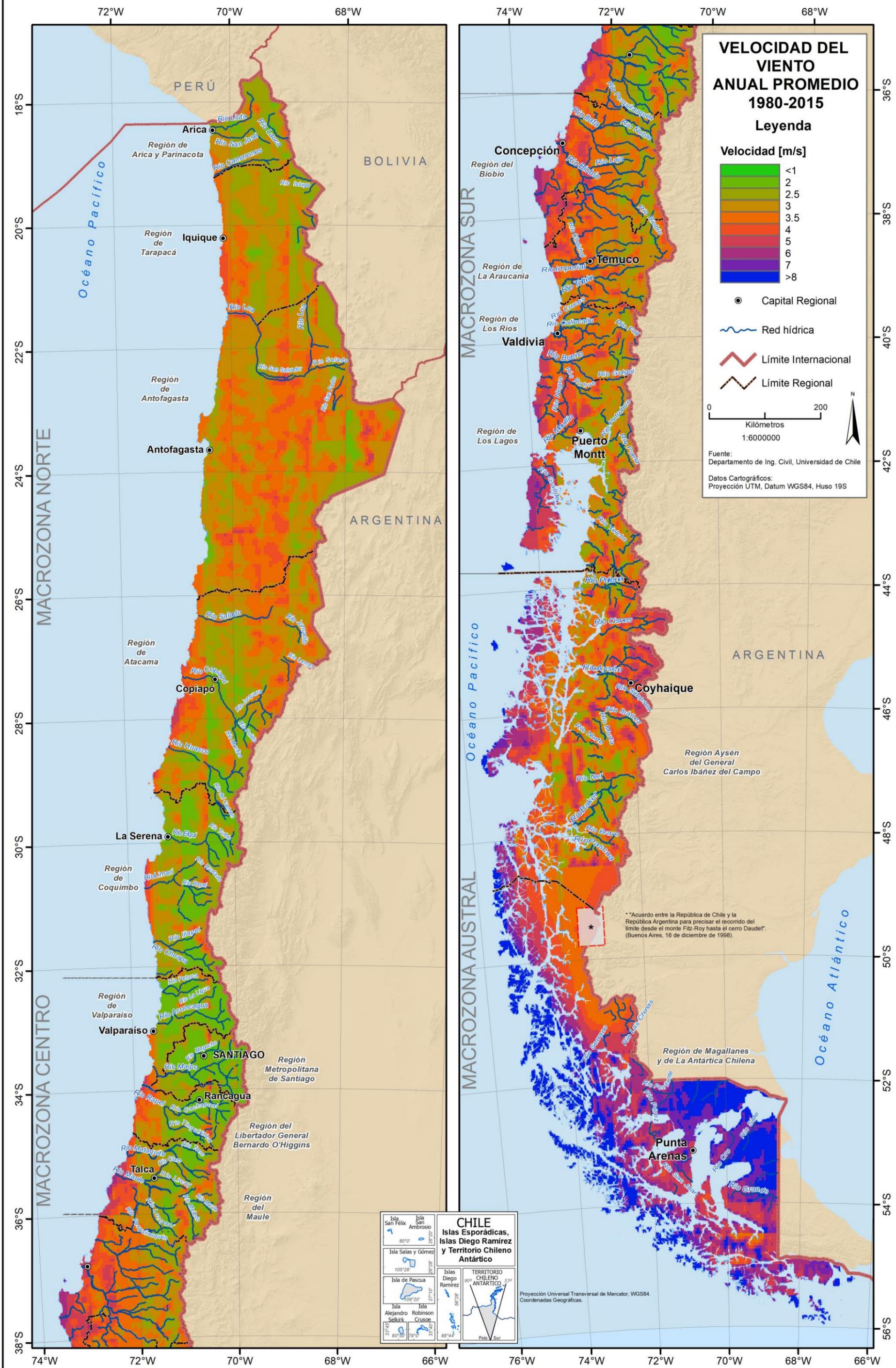
Proyección Universal Transversal de Mercator, WGS84. Coordenadas Geográficas.

* "Acuerdo entre la República de Chile y la República Argentina para precisar el recorrido del límite desde el monte Fitz-Roy hasta el cerro Daudet". (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).

Velocidad del viento promedio anual

Producto de velocidad del viento obtenido de la mezcla del explorador eólico y el reanálisis climático ERA Interim para el periodo 1980-2015.

La resolución de este producto corresponde a 0.05° latitud – longitud en coordenadas geográficas WGS84.



MACROZONA NORTE

MACROZONA CENTRO

MACROZONA SUR

MACROZONA AUSTRAL

CHILE
Islas Esparádicas,
Islas Diego Ramirez
y Territorio Chileno
Antártico

TERRITORIO CHILENO ANTÁRTICO 53°

Proyección Universal Transversal de Mercator, WGS84.
Coordenadas Geográficas.

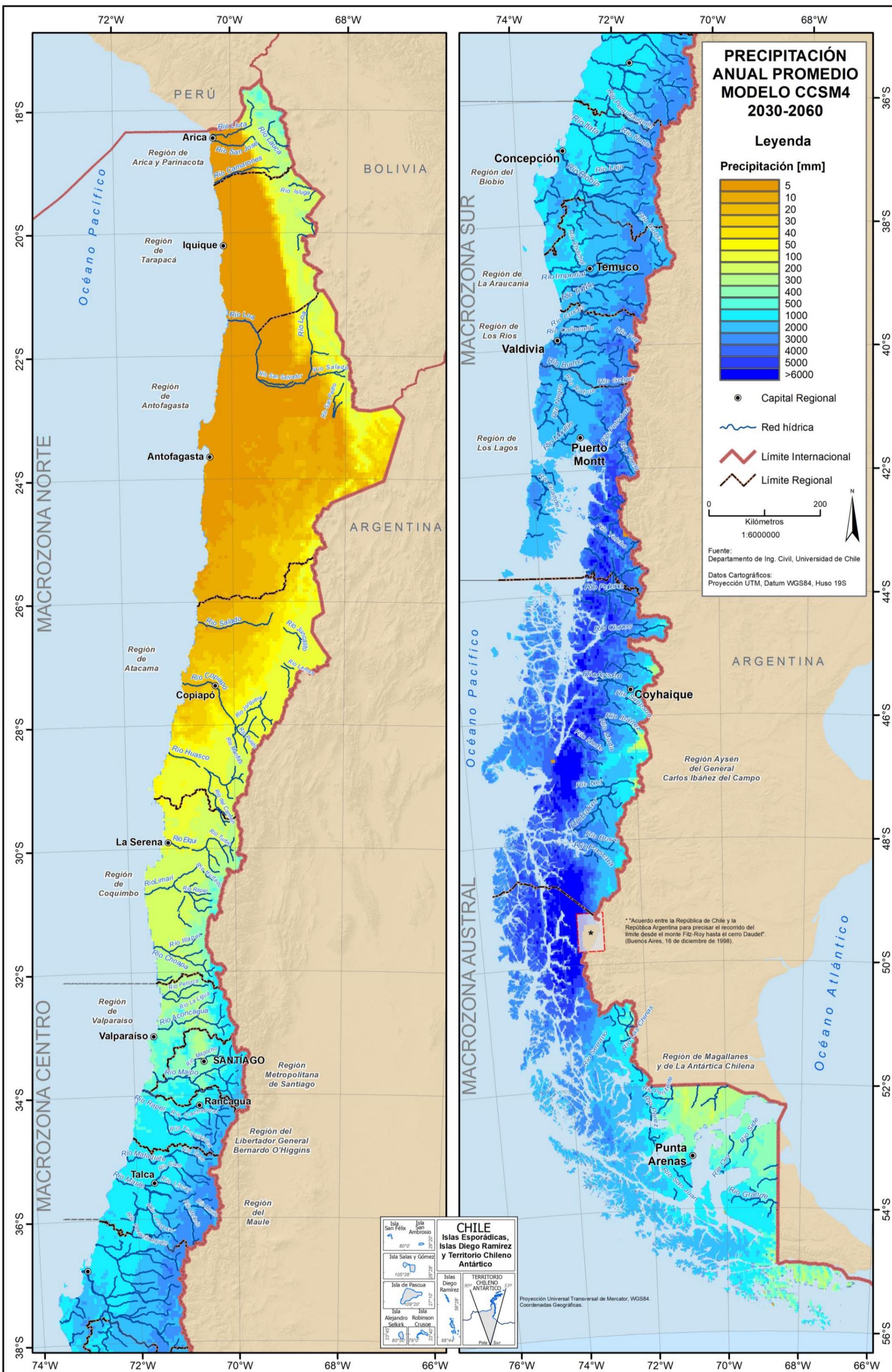
* "Acuerdo entre la República de Chile y la República Argentina para precisar el recorrido del límite desde el monte Fitz-Roy hasta el cerro Daudet". (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).

Precipitación anual promedio – CCSM4

Mapa de precipitaciones a una resolución de 0.05 ° Latitud x 0.05 ° longitud en coordenadas geográficas WGS84.

El periodo de promedio corresponden al 2030-2060 del modelo GCM CCSM4, escalado al producto V1.4 de precipitaciones obtenida del reanálisis climático estadístico desarrollado en el presente estudio.

El modelo CCSM4 fue seleccionado por su sensibilidad climática baja moderada.



PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO MODELO CCSM4 2030-2060

Leyenda

Precipitación [mm]

5
10
20
30
40
50
100
200
300
400
500
1000
2000
3000
4000
5000
>6000

- Capital Regional
- ~ Red hídrica
- ~ Límite Internacional
- ~ Límite Regional

0 200 Kilómetros
1:6000000

Fuente: Departamento de Ing. Civil, Universidad de Chile
Datos Cartográficos: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S

CHILE

Islas Esparadas, Islas Diego Ramirez y Territorio Chileno Antártico

Proyección Universal Transversal de Mercator, WGS84. Coordenadas Geográficas.

<p>Isla San Félix 80°10' 28°20'</p> <p>Isla San Ambrosio 80°10' 28°20'</p> <p>Isla Salas y Gómez 105°28' 28°28'</p> <p>Isla de Pascua 109°20' 27°10'</p> <p>Isla Alejandro Robinson Selkirk 80°30' 52°50'</p>	<p>Isla Diego Ramirez 68°44' 59°28'</p> <p>TERRITORIO CHILENO ANTÁRTICO 60° 60°E 63°</p>
---	--

* Acuerdo entre la República de Chile y la República Argentina para precisar el recorrido del límite desde el monte Fitz-Roy hasta el cerro Daudet. (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).

Precipitación anual promedio - CSIRO

Mapa de precipitaciones a una resolución de 0.05 ° Latitud x 0.05 ° longitud en coordenadas geográficas WGS84.

El periodo de promedio corresponden al 2030-2060 del modelo GCM CSIRO, escalado al producto V1.4 de precipitaciones obtenida del reanálisis climático estadístico desarrollado en el presente estudio.

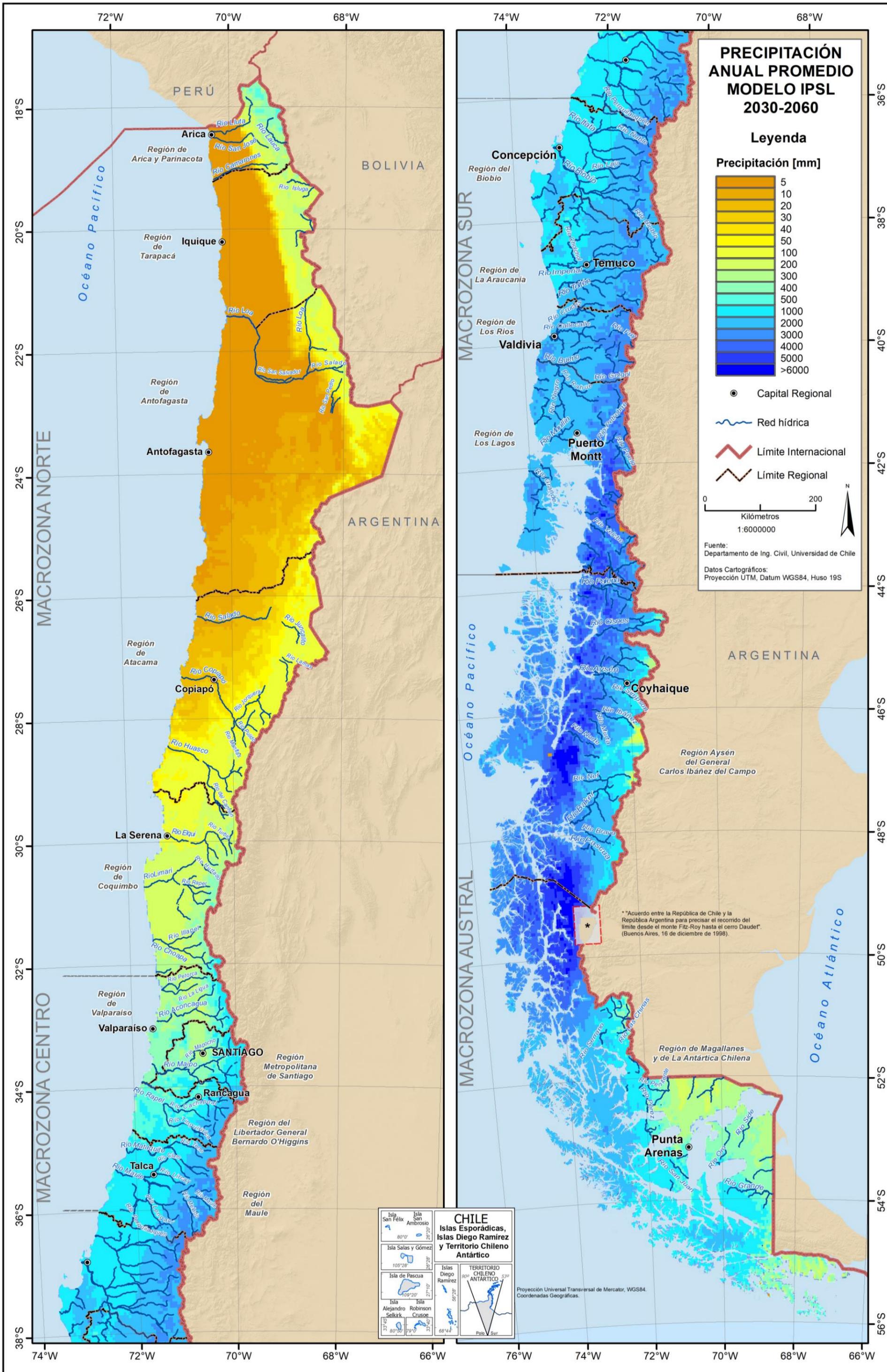
El modelo CSIRO fue seleccionado por su sensibilidad climática baja extrema.

Precipitación anual promedio - IPSL

Mapa de precipitaciones a una resolución de 0.05 ° Latitud x 0.05 ° longitud en coordenadas geográficas WGS84.

El periodo de promedio corresponde al 2030-2060 del modelo GCM IPSL, escalado al producto V1.4 de precipitaciones obtenida del reanálisis climático estadístico desarrollado en el presente estudio.

El modelo IPSL fue seleccionado por su sensibilidad climática alta extrema.



PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO MODELO IPSL 2030-2060

Legenda

Precipitación [mm]

5
10
20
30
40
50
100
200
300
400
500
1000
2000
3000
4000
5000
>6000

- Capital Regional
- ~ Red hídrica
- ~ Límite Internacional
- ~ Límite Regional

0 200
Kilómetros
1:6000000

Fuente: Departamento de Ing. Civil, Universidad de Chile
 Datos Cartográficos: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S

CHILE

Islas Esparadas, Islas Diego Ramírez y Territorio Chileno Antártico

Isla San Félix 80°0' 26°20' Isla San Ambrosio 80°0' 26°20'	Isla Salas y Gómez 105°28' 36°28'	Isla de Pascua 109°20' 37°10'	Isla Alejandro Robison 78°0' 35°45'	Isla Selkirk 79°0' 35°45'	Isla Robinson Crusoe 79°0' 35°45'
---	--------------------------------------	----------------------------------	--	------------------------------	--------------------------------------

TERRITORIO CHILENO ANTÁRTICO
 80° 23°
 59°20' 56°44'

Proyección Universal Transversal de Mercator, WGS84.
 Coordenadas Geográficas.

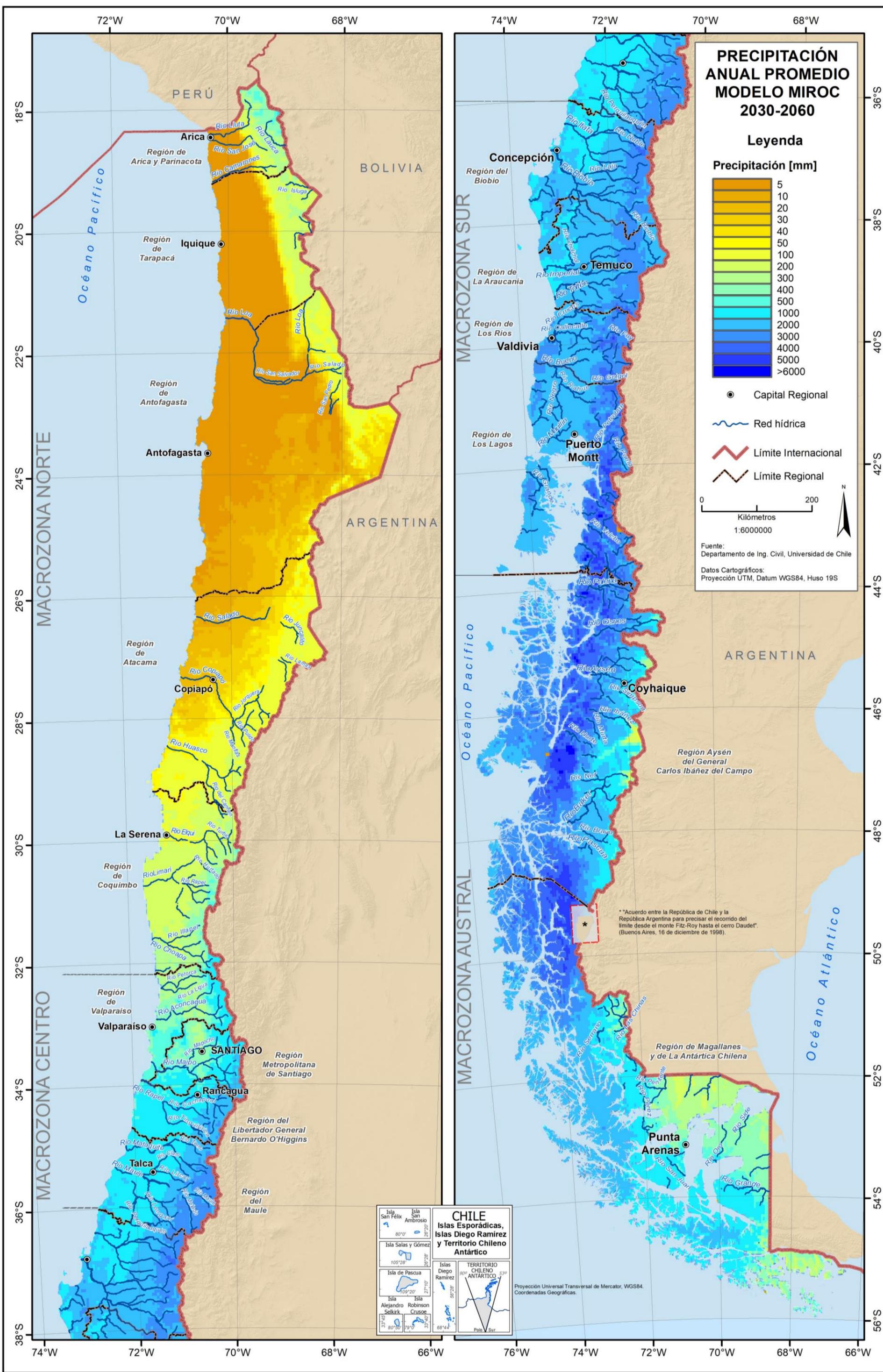
* "Acuerdo entre la República de Chile y la República Argentina para precisar el recorrido del límite desde el monte Fitz-Roy hasta el cerro Daudet". (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).

Precipitación anual promedio - MIROC

Mapa de precipitaciones a una resolución de 0.05 ° Latitud x 0.05 ° longitud en coordenadas geográficas WGS84.

El periodo de promedio corresponden al 2030-2060 del modelo GCM MIROC, escalado al producto V1.4 de precipitaciones obtenida del reanálisis climático estadístico desarrollado en el presente estudio.

El modelo MIROC fue seleccionado por su sensibilidad climática alta moderada.



PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO MODELO MIROC 2030-2060

Leyenda

Precipitación [mm]

5
10
20
30
40
50
100
200
300
400
500
1000
2000
3000
4000
5000
>6000

- Capital Regional
- ~ Red hídrica
- ~ Límite Internacional
- ~ Límite Regional

0 200 Kilómetros
1:6000000

Fuente: Departamento de Ing. Civil, Universidad de Chile

Datos Cartográficos: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S

CHILE Islas Esparadas, Islas Diego Ramirez y Territorio Chileno Antártico

Proyección Universal Transversal de Mercator, WGS84. Coordenadas Geográficas.

<p>Isla San Félix 80°0' 28°20'S</p> <p>Isla San Ambrosio 80°0' 28°20'S</p> <p>Isla Salas y Gómez 105°28' 52°28'S</p> <p>Isla de Pascua 109°20' 27°10'S</p> <p>Isla Alejandro Selkirk 80°50' 52°30'S</p> <p>Isla Robinson Crusoe 80°50' 52°30'S</p>	<p>Islas Diego Ramirez 68°44' 55°28'S</p> <p>TERRITORIO CHILENO ANTÁRTICO 60° 0° 0°</p>
--	---

* Acuerdo entre la República de Chile y la República Argentina para precisar el recorrido del límite desde el monte Fitz-Roy hasta el cerro Daudet". (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).

Temperatura media anual - CCSM4

Mapa de temperaturas a una resolución de 0.05 ° Latitud x 0.05 ° longitud en coordenadas geográficas WGS84.

El periodo de promedio corresponde al 2030-2060 del modelo GCM CCSM4, escalado al producto V1.4 de precipitaciones obtenida del reanálisis climático estadístico desarrollado en el presente estudio.

El modelo CCSM4 fue seleccionado por su sensibilidad climática baja moderada.

Temperatura media anual - CSIRO

Mapa de temperaturas a una resolución de 0.05 ° Latitud x 0.05 ° longitud en coordenadas geográficas WGS84.

El periodo de promedio corresponde al 2030-2060 del modelo GCM CSIRO, escalado al producto V1.4 de precipitaciones obtenida del reanálisis climático estadístico desarrollado en el presente estudio.

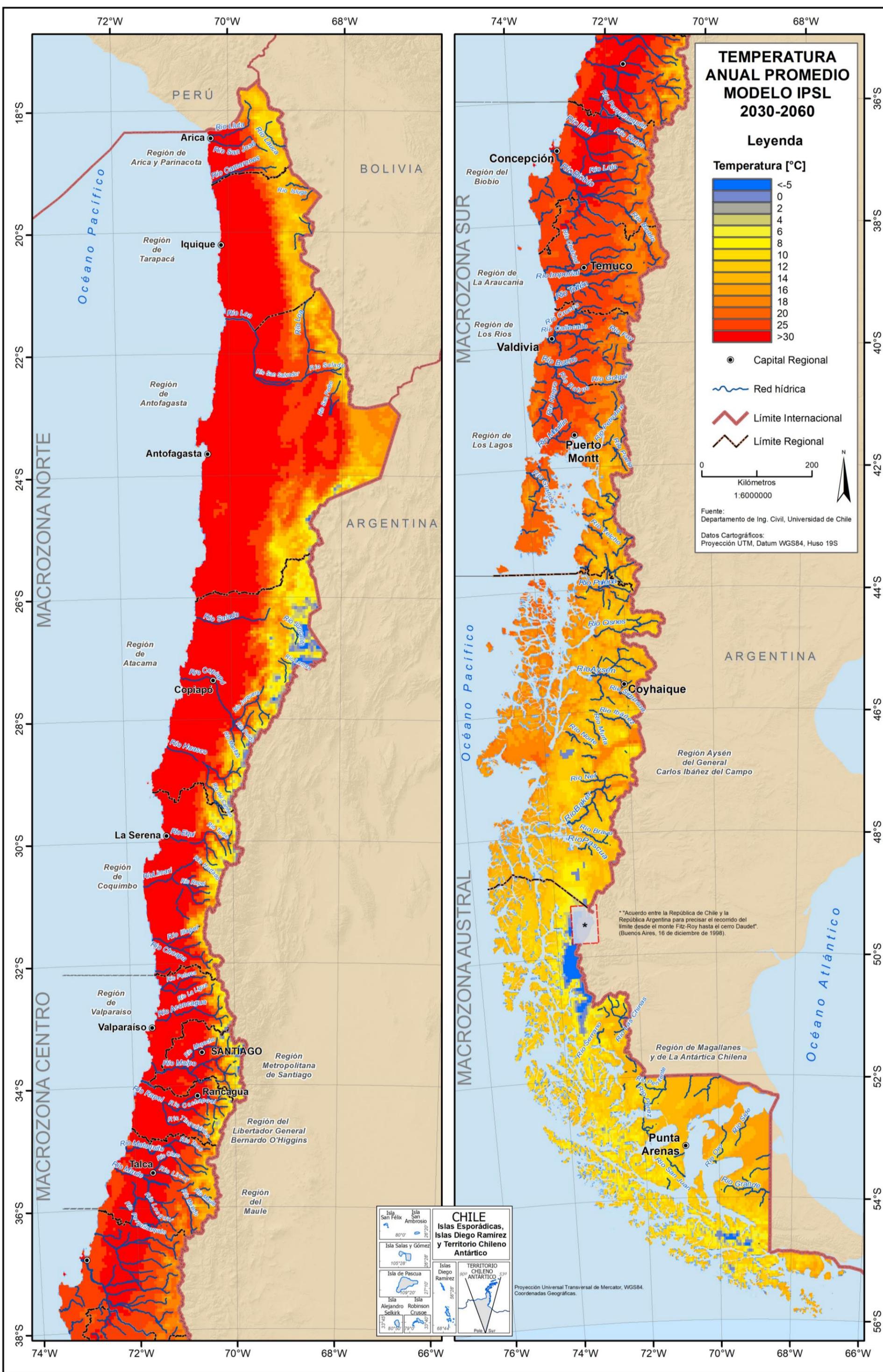
El modelo CSIRO fue seleccionado por su sensibilidad climática baja extrema.

Temperatura media anual - IPSL

Mapa de temperaturas a una resolución de 0.05 ° Latitud x 0.05 ° longitud en coordenadas geográficas WGS84.

El periodo de promedio corresponde al 2030-2060 del modelo GCM IPSL, escalado al producto V1.4 de precipitaciones obtenida del reanálisis climático estadístico desarrollado en el presente estudio.

El modelo IPSL fue seleccionado por su sensibilidad climática alta extrema.



TEMPERATURA ANUAL PROMEDIO MODELO IPSL 2030-2060

Leyenda

Temperatura [$^{\circ}\text{C}$]

<-5
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
25
>30

- Capital Regional
- ~ Red hídrica
- ~ Límite Internacional
- ~ Límite Regional

0 200
Kilómetros
1:6000000

Fuente: Departamento de Ing. Civil, Universidad de Chile
Datos Cartográficos: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S

CHILE Islas Esporádicas, Islas Diego Ramirez y Territorio Chileno Antártico

<p>Isla San Félix 80°0' 30°20'</p> <p>Isla San Ambrosio 80°0' 30°20'</p> <p>Isla Salas y Gómez 105°28' 30°28'</p> <p>Isla de Pascua 109°20' 27°10'</p> <p>Isla Alejandro Selkirk 80°20' 35°40'</p> <p>Isla Robinson Crusoe 80°20' 35°40'</p>	<p>Islas Diego Ramirez 68°44' 59°28'</p> <p>TERRITORIO CHILENO ANTÁRTICO 60° 53°</p>
--	--

Proyección Universal Transversal de Mercator, WGS84. Coordenadas Geográficas.

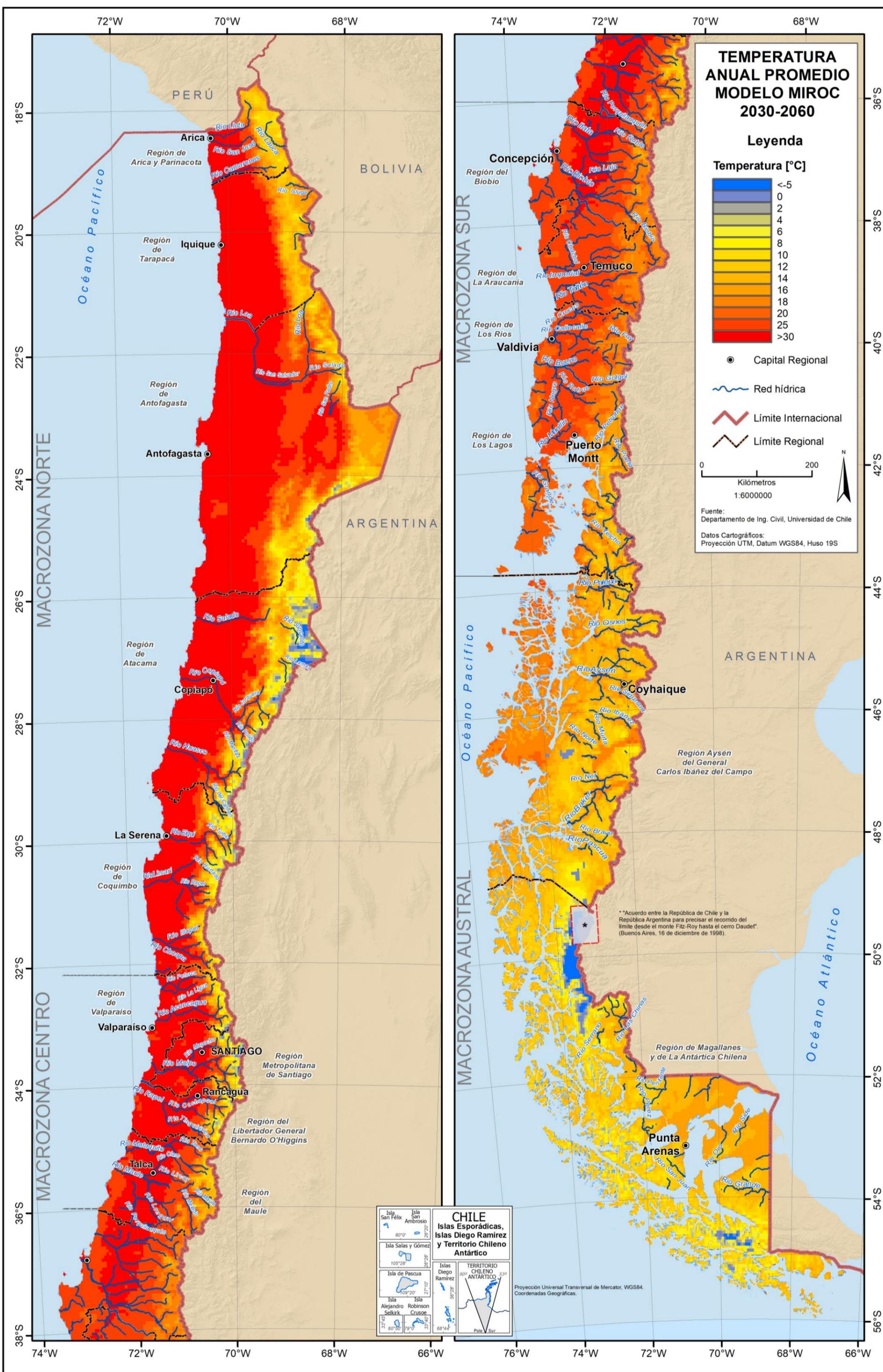
* "Acuerdo entre la República de Chile y la República Argentina para precisar el recorrido del límite desde el monte Fitz-Roy hasta el cerro Daudet". (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).

Temperatura media anual - MIROC

Mapa de temperaturas a una resolución de 0.05 ° Latitud x 0.05 ° longitud en coordenadas geográficas WGS84.

El periodo de promedio corresponde al 2030-2060 del modelo GCM MIROC, escalado al producto V1.4 de precipitaciones obtenida del reanálisis climático estadístico desarrollado en el presente estudio.

El modelo MIROC fue seleccionado por su sensibilidad climática alta moderada.



TEMPERATURA ANUAL PROMEDIO MODELO MIROC 2030-2060

Leyenda

Temperatura [°C]

<-5
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
25
>30

- Capital Regional
- ~ Red hídrica
- ~ Límite Internacional
- ~ Límite Regional

0 200
Kilómetros
1:6000000

Fuente: Departamento de Ing. Civil, Universidad de Chile
Datos Cartográficos: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S

CHILE Islas Esporádicas, Islas Diego Ramirez y Territorio Chileno Antártico

<p>Isla San Félix 80°0' 28°20'</p> <p>Isla San Ambrosio 80°0' 28°20'</p> <p>Isla Salas y Gómez 105°28' 38°28'</p> <p>Isla de Pascua 109°20' 27°10'</p> <p>Isla Alejandro Selkirk 80°20' 33°40'</p> <p>Isla Robinson Crusoe 80°20' 33°40'</p>	<p>Islas Diego Ramirez 58°28' 53°0'</p> <p>TERRITORIO CHILENO ANTÁRTICO 60° 53°</p>
--	---

Proyección Universal Transversal de Mercator, WGS84. Coordenadas Geográficas.

* "Acuerdo entre la República de Chile y la República Argentina para precisar el recorrido del límite desde el monte Fitz-Roy hasta el cerro Daudet". (Buenos Aires, 16 de diciembre de 1998).