



Informe de Síntesis
**Simulaciones climáticas
regionales para el
territorio insular Chileno**

Santiago, 2019
Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)²
(ANID/FONDAP/15110009)
Universidad de Chile

Informe de Síntesis

“Simulaciones climáticas regionales para el territorio insular chileno”

Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia
(ANID/FONDAP/15110009)
Universidad de Chile



FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Director del proyecto: Deniz Bozkurt
Mandante del proyecto: Oficina de cambio climático del Ministerio del Medio Ambiente
Asesor científico: Roberto Rondanelli
Asesor científico externo: Jorge Carrasco
Simulaciones territorio insular: Juan Pablo Boisier
Diálogo y mesas de expertos: Bárbara Morales
Plataforma de Visualización de Simulaciones: Francisca Muñoz, Nancy Valdebenito
Ayudante de Investigación: Mirko Del Hoyo
Apoyo y gestión del proyecto: Macarena Troncoso, Susana Bustos

INDICE

INDICE	3
I. INTRODUCCIÓN	4
II. DATOS Y MÉTODOS	6
III. RESULTADOS	7
1) Cambios en régimen de temperatura	7
2) Cambios en régimen de precipitación	9
IV. CONCLUSIONES	11
V. REFERENCIAS	12
ANEXO I: Uso de la Plataforma de Visualización	14
1) Componentes de la plataforma	14
1.a) Componente superior: Mapas promedio de un período o anomalías	15
1.b) Componente inferior: Tablas y gráficos para una ubicación seleccionada	16
2) Plataforma de descarga de los datos entrada	18
ANEXO II: Glosario de Conceptos	20
ANEXO III: Acrónimos	26

I. INTRODUCCIÓN

El territorio insular de Chile considerado en este estudio considera el archipiélago Juan Fernández y Rapa Nui. Estas islas de origen volcánico poseen un clima subtropical, en el caso de Rapa Nui, y mediterráneo para Juan Fernández, aunque bajo condiciones más húmedas que el área continental. Ambos territorios son de gran interés científico debido a su aislamiento geográfico e importante patrimonio biológico con una gran cantidad de especies autóctonas.

El archipiélago Juan Fernández, conformado por las islas Robinson Crusoe, Santa Clara y Alejandro Selkirk, es Parque Nacional y Reserva Mundial de la Biosfera. Este archipiélago se encuentra a 670 km al oeste de Valparaíso, posee un área de 100 km² y alberga 600 habitantes. Su tamaño relativamente pequeño permite observar los efectos de cualquier modificación en el ecosistema en pequeñas escalas en el tiempo y el espacio.

Rapa Nui es la isla habitada más aislada del planeta, se encuentra en medio del Giro del Pacífico Sur Oriental (27° 9' S y 109° 26' W) a 3.680 km de Chile continental. Tiene una superficie de 163 km² y una población de 3.791 habitantes. Debido a su geología, posee escasos cauces superficiales, excepto durante los eventos de precipitación más importantes. Por otra parte, el suministro de agua para la población proviene de pozos de extracción de agua subterránea, lo que es preocupante ante un escenario de cambio climático donde se ha observado una reducción significativa de las precipitaciones.

El aumento de temperatura global asociado al cambio climático puede generar un aumento en el nivel del mar, con un mayor impacto en las pequeñas regiones insulares como Rapa Nui y Juan Fernández. Esto causaría una pérdida de territorio debido a la intensificación de las inundaciones, las mareas de tempestad, la erosión y otros fenómenos costeros peligrosos, amenazando con ello la infraestructura crítica, los asentamientos y las instalaciones de cuya subsistencia dependen las comunidades insulares. Además, se estima que el cambio climático reduciría los recursos hídricos en gran número de islas pequeñas, por ejemplo, en el Caribe y en el Pacífico, hasta el punto de que aquellos serían insuficientes para cubrir la demanda en los períodos de escasa precipitación.

Por otro lado, los modelos climáticos globales proyectan grandes cambios en el equilibrio del agua terrestre para muchas regiones durante este siglo en respuesta a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Pese a que estos modelos entregan valiosa información para las regiones continentales y grandes islas, son poco útiles para regiones pequeñas, como las islas nacionales debido a que su resolución espacial es insuficiente.

El Ministerio del Medio Ambiente considera urgente realizar un estudio local de las variables climáticas asociadas al cambio climático para definir el escenario futuro de las islas oceánicas del océano Pacífico ante la vulnerabilidad climática (por ej., estrés de agua dulce, alza en el nivel del mar, enfermedades, recursos pesqueros) incluida la variabilidad geográfica y estacional, ya que existen implicaciones importantes para las poblaciones humanas vulnerables que habitan en estas zonas. En esta línea, ha solicitado al Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)², generar información de proyecciones climáticas para Juan Fernández y Rapa Nui, a través de la modelación



climática, con el objeto de contar con información relevante y disponible en una plataforma interactiva y pública, que permita establecer medidas y planificar acciones de adaptación tendientes a disminuir los impactos sociales, económicos y ambientales futuros.

En este documento se resume la metodología y datos utilizados en el estudio, así como los resultados más relevantes respecto de cambios en el régimen de temperatura y precipitación en Rapa Nui y Juan Fernández.



II. DATOS Y MÉTODOS

Como parte del presente proyecto se analizó un conjunto de datos que incluye observaciones históricas, productos grillados, reanálisis, temperatura superficial del mar y modelos de clima para evaluar escenarios climáticos futuros en la Isla Rapa Nui y el archipiélago Juan Fernández hacia fines del siglo XXI.

En una primera etapa se analizó la información meteorológica registrada en el aeropuerto Mataverí (isla Rapa Nui) y en la localidad San Juan Bautista (isla Robinson Crusoe), con el fin de contextualizar el clima de ambas zonas y su variabilidad dentro de los regímenes climáticos imperantes en el océano Pacífico sur, y también de evaluar cambios históricos de temperatura y precipitación en ambas islas (ver Informe Final “Simulaciones climáticas regionales para el continente Antártico y territorio insular chileno”).

Las proyecciones climáticas en Rapa Nui y Juan Fernández se evaluaron en base a simulaciones climáticas globales realizadas en el marco del proyecto de colaboración internacional “*Coupled Modelling Intercomparison Project 5*” (CMIP5). Los datos de modelos se procesaron de dos maneras: (a) En una primera instancia se adoptó un conjunto grande de simulaciones CMIP5, con lo que se evaluaron cambios a lo largo del siglo XXI en respuesta a un escenario con altas emisiones globales de GEI (RCP8.5, ver Anexo II). Este análisis permitió también medir incertidumbres asociadas a estas proyecciones. (b) En una segunda instancia, se analizó un subconjunto menor de simulaciones CMIP5 realizadas con seis modelos de clima, pero se consideraron dos escenarios futuros: RCP8.5 y RCP2.6 (un escenario con bajas emisiones de GEI, ver Anexo II). Para este conjunto menor de simulaciones se aplicó un método de escalamiento estadístico para generar escenarios climáticos coherentes con el régimen medio y de extremos climáticos observado en ambas zonas. El método preserva los cambios absolutos - utilizados típicamente para temperatura- o relativos- para precipitación o velocidad del viento- en los cuantiles, corrigiendo al mismo tiempo los sesgos en la distribución de frecuencia de la variable simulada respecto a la referencia.

III. RESULTADOS

1) Cambios en régimen de temperatura

La Figura 1 muestra las series de temperatura históricas y futuras en las islas Rapa Nui y Juan Fernández. En ésta se combinan datos de distintas fuentes: (a) registros de temperatura mínima y máxima en las islas (se indica el promedio de ambas variables), (b) una estimación de la temperatura superficial del mar (TSM) con un registro histórico más amplio que el observado en las islas (obtenido de NOAA ERSST) y (c) valores simulados con 35 modelos de clima CMIP5 para el periodo histórico (1960-2005) y futuro cercano bajo el escenario de emisiones RCP8.5.

Como se describe en el Informe Final (2019), en los registros observacionales no se detecta una tendencia clara en el régimen de temperaturas en el periodo disponible (1970-2018 aproximadamente). Las estimaciones de TSM en el mismo período tampoco muestran una tendencia. Sin embargo, al considerar un periodo más extenso sí se aprecia un aumento de temperatura, el cual, en mayor parte, se debería al aumento de GEI en la atmósfera.

En tanto, los cambios proyectados tanto para Rapa Nui como Juan Fernández son consistentes con el patrón de cambio global descrito en múltiples publicaciones, pues el conjunto de simulaciones con el escenario RCP8.5 indica un aumento sostenido de la temperatura en ambas islas a lo largo del presente siglo de, aproximadamente, 2 °C hacia 2100 (Figura 1). Cabe destacar que las simulaciones no indican diferencias según la estación del año en los cambios proyectados (ver Figura 17 del Informe Final).

Coherente con lo anterior, las simulaciones analizadas con la segunda metodología (descrita en la sección “Datos y Métodos”), muestra que Rapa Nui y Juan Fernández tendrían un aumento medio de la temperatura, que alcanzará 1 °C hacia mediados de este siglo, y 2 °C hacia el 2100, bajo el escenario RCP8.5. Este aumento afectaría tanto las temperaturas mínimas como máximas diurnas (ver Figuras 22 y 23 del Informe Final). En tanto, en el escenario de bajas emisiones de GEI (RCP2.6), habría un aumento de temperatura de 0.5 °C, el cual se alcanza a mediados de siglo y se mantiene constante hacia 2100. Bajo este escenario, también hay un aumento en las temperaturas diurnas mínimas y máximas.

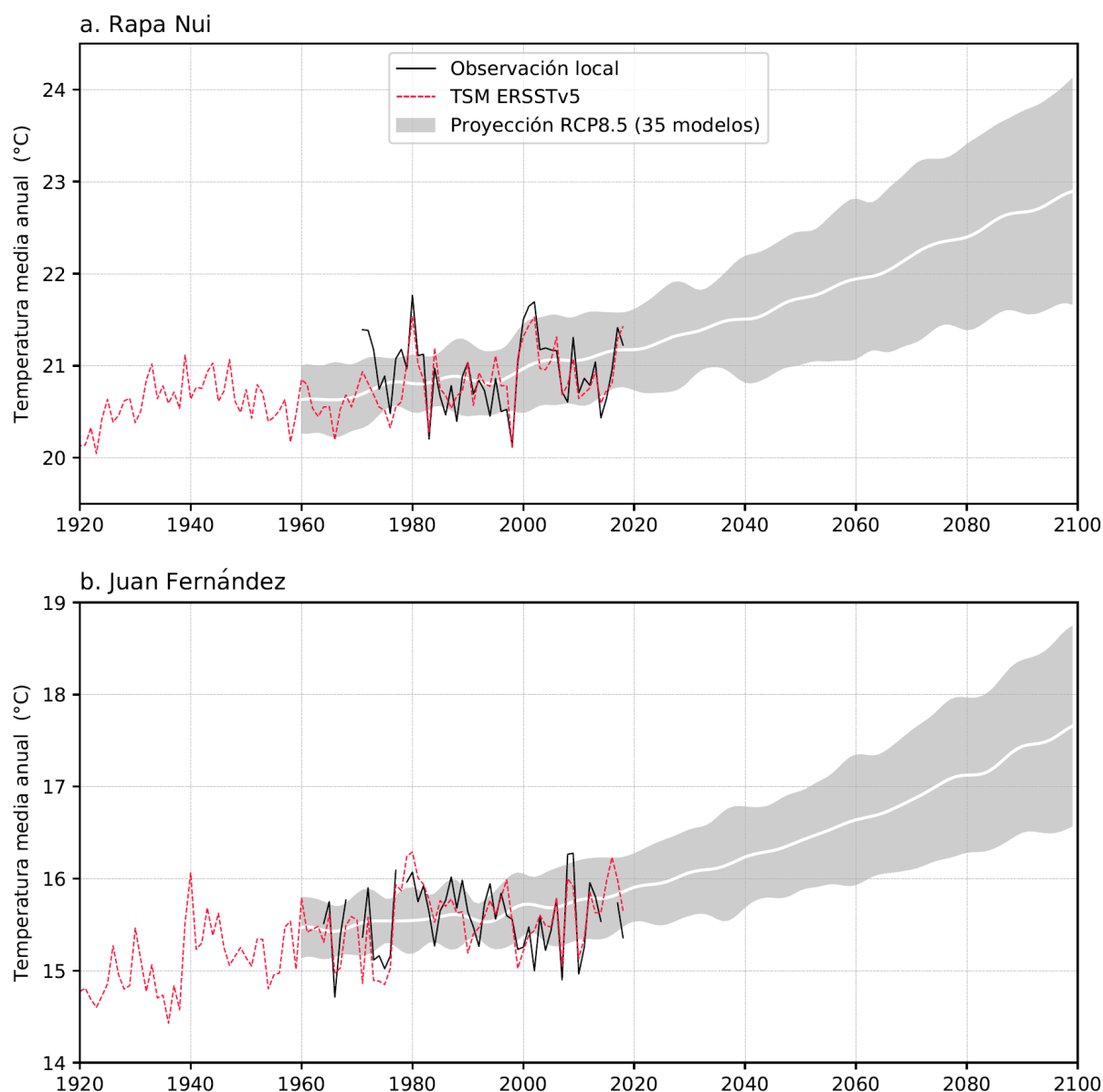


Figura 1. Series de temperatura media anual en las islas Rapa Nui (a) y Robinson Crusoe (b). Se muestra la evolución de la temperatura media cerca de la superficie observadas en ambas zonas (curvas negras), calculados como el promedio de las temperaturas diurnas mínimas y máximas. Las líneas rojas son la temperatura superficial del mar (TSM) estimadas en ambas zonas del producto global ERSSTv5, así las como las simulaciones de 35 modelos de clima hacia 2100 con el escenario de emisiones globales de GEI RCP 8.5. Los datos de modelos tienen un filtro que considera periodos de variabilidad mayores a 10 años. Los datos simulados y de TSM tienen una corrección de sesgo respecto de la observación en el periodo 1980-2010.

2) Cambios en régimen de precipitación

En concordancia con estudios recientes y en relación con lo ocurrido en Chile continental, se sugiere que tanto los ciclos naturales como las perturbaciones humanas globales se suman para explicar los cambios de la precipitación ocurridos en las últimas décadas en Chile insular. En particular, la tendencia hacia menores precipitación acumulada, observada en Juan Fernández y Rapa Nui desde la década de 1970 (Figura 2), es de mayor magnitud que la esperada por efecto de cambio climático antrópico (Boisier et al., 2016).

A diferencia de la temperatura superficial, que aumenta en casi todas las regiones del planeta en respuesta a los GEI emitidos por la actividad humana, los cambios en la precipitación son heterogéneos, y dependen de la región y estación del año evaluada. Sin embargo, las simulaciones climáticas en el Pacífico suroriental son particularmente robustas entre los modelos de clima contemporáneos (Figura 2) y, si bien existen diferencias importantes en la magnitud de los cambios, la mayoría de los modelos indican un descenso de las precipitaciones hacia el año 2100 bajo el escenario RCP8.5. Para Rapa Nui y Juan Fernández, se proyecta una disminución promedio de 25% y 30%, respectivamente, para este mismo escenario.

En el caso específico de Rapa Nui, aproximadamente tres cuartos de los modelos prevén disminuciones superiores a 10%, mientras que otros muestran cambios muy leves o, incluso, un aumento de las precipitaciones (Informe Final). También, los modelos indican una estacionalidad en sus cambios de precipitación (ver Figura 19 del Informe Final). Durante el verano las proyecciones prevén disminuciones de precipitación de un 35% en promedio hacia fines de siglo, mientras que, en invierno, éstas serían de un 10%. Un número no menor de modelos muestra disminuciones mayores a 50% en verano. Si bien la mayor parte de los modelos evaluados proyecta una disminución de precipitación a lo largo del año en Rapa Nui, existen diferencias importantes entre un modelo y otro en el detalle estacional. Algunos modelos prevén aumentos de precipitación en otoño, invierno y primavera. La incertidumbre en la proyección es particularmente alta en otoño, con aumentos importantes de precipitación en algunos casos.

Similar a las proyecciones descritas en estudios anteriores para el centro-sur de Chile continental, el conjunto de modelos evaluados muestra en Juan Fernández un descenso de precipitación superior al 10% hacia fines de siglo. La media indica un descenso de precipitación anual cercano al 30% hacia el 2100, con algunos proyectando una disminución cercana al 50%. Los cambios de precipitación en Juan Fernández siguen el ciclo anual propio de esta región, siendo mayores en invierno y prácticamente nulos en verano.

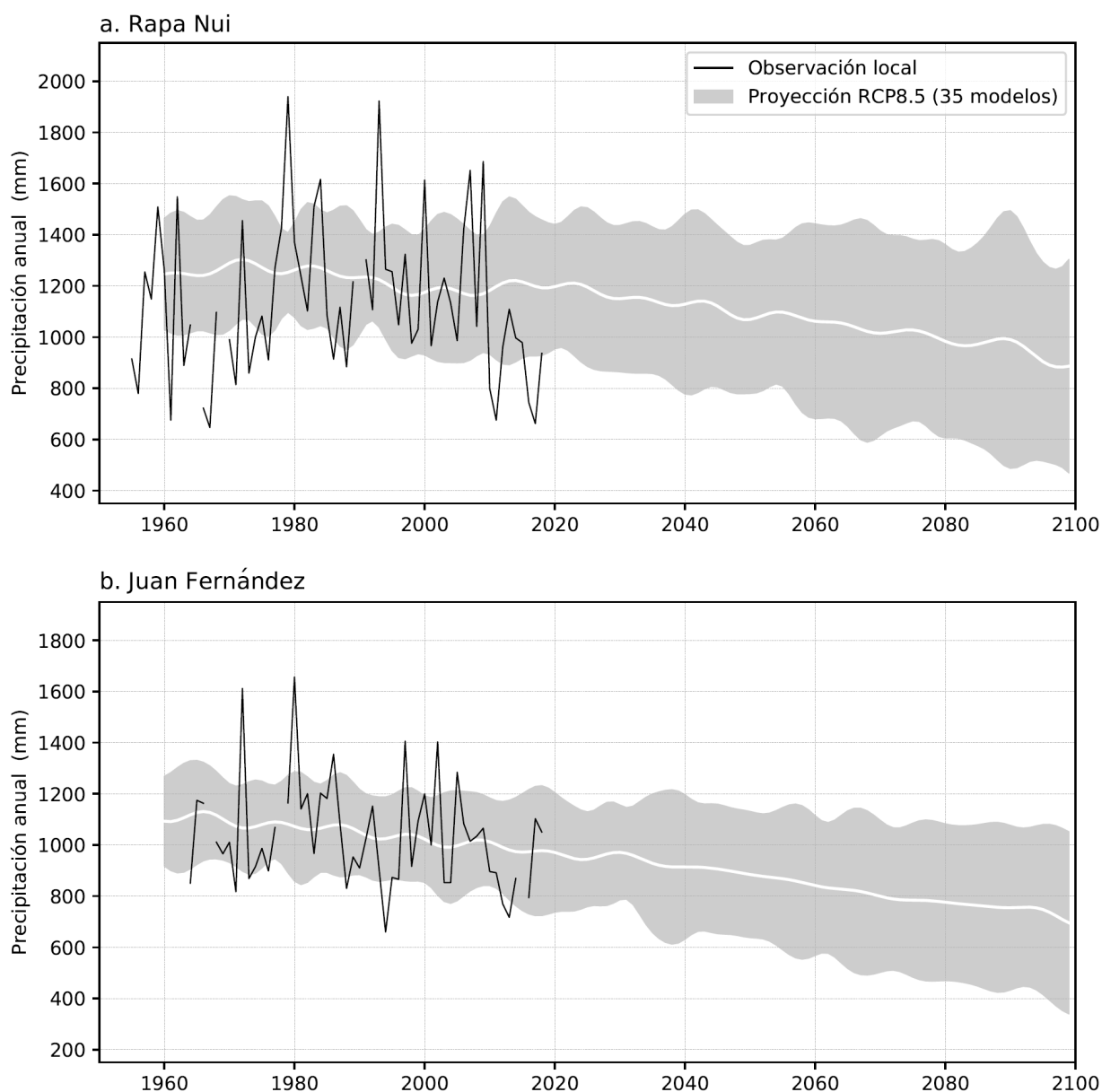


Figura 2. Series de precipitación anual en las islas Rapa Nui (a) y Robinson Crusoe (b). Se ilustra la evolución de la temperatura media cerca de la superficie observadas en ambas localidades (curvas negras). Se muestra, también, las simulaciones de 35 modelos de clima hacia 2100 con el escenario de emisiones globales de GEI RCP 8.5. Los datos de modelos tienen un filtro que considera periodos de variabilidad mayores a 10 años. Los datos simulados tienen una corrección de sesgo respecto de la observación en el periodo 1980-2010.

Al comparar los resultados de las proyecciones bajo los escenarios RCP8.5 (altas emisiones) y RCP.26 (bajas emisiones), el primero presenta cambios más intensos en las precipitaciones, mientras que en el escenario RCP2.6 se distingue una merma de los impactos en la precipitación hacia el final del siglo XXI, respecto de lo simulados para mediados de siglo (ver Figura 24 del Informe Final).

Es decir, los cambios proyectados según el escenario RCP2.6 parecen responder de manera directa a la concentración atmosférica de GEI, la cual baja levemente durante la segunda mitad del siglo XXI bajo este escenario. Como se describe anteriormente, este efecto no se aprecia en las proyecciones de temperatura, probablemente debido a la inercia de los procesos oceánicos.

En otros aspectos del régimen de precipitación considerados, no se distingue un patrón de cambio distintivo ni en la frecuencia de días con precipitación ni tampoco en la frecuencia de días con precipitación extrema (ver Figura 24 del Informe Final). Esto contrasta con otros estudios que muestran un aumento hacia el futuro de la frecuencia de precipitación extrema en casi todas las regiones del globo.

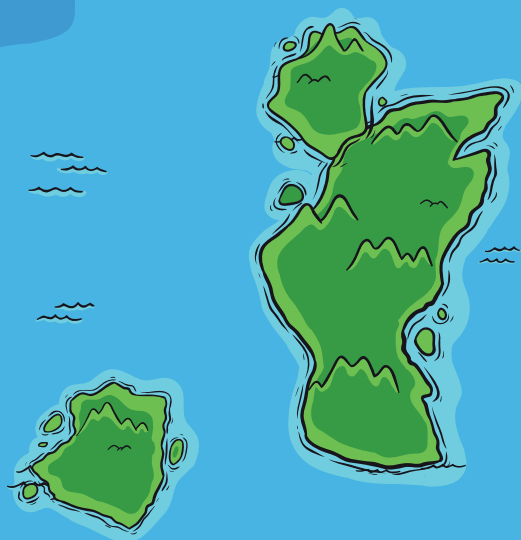
IV. CONCLUSIONES

En esta síntesis se presentaron los resultados más relevantes respecto de cambios en el régimen de temperatura y precipitación en Rapa Nui y Juan Fernández. Del análisis realizado se destacan los siguientes puntos:

- A pesar de no detectarse aún en los registros históricos, es muy probable, que los cambios globales del clima generan un aumento en la temperatura de Rapa Nui y Juan Fernández
- Los cambios proyectados en la temperatura de ambas zonas son moderados en magnitud respecto de otras regiones del planeta, con aumentos limitados a 2.5 °C hacia fines de siglo XXI en un escenario de escasa mitigación de emisiones globales de gases de efecto invernadero, siendo que, bajo el mismo escenario, el aumento de temperatura global puede ser mayor a 4 °C.
- No se detecta una diferencia clara entre las proyecciones de temperatura mínima y máxima, ni entre los valores medios de esta variable y sus extremos, pero este resultado podría estar limitado por la metodología aplicada.
- Aunque con una incertidumbre mayor que el caso del régimen de temperaturas, es bien probable que los cambios globales disminuyan la tasa de precipitación anual en Rapa Nui y Juan Fernández.
- En el caso de Rapa Nui, no se puede descartar un aumento de precipitaciones en alguna estación particular del año.
- Si bien los resultados presentados no lo indican con claridad, no es posible descartar un comportamiento desigual entre cambios en la acumulación de precipitación y la ocurrencia o intensidad de tormentas intensas.

V. REFERENCIAS

- Bindoff, N.L., P.A. Stott, K.M. AchutaRao, M.R. Allen, N. Gillett, D. Gutzler, K. Hansingo, G. Hegerl, Y. Hu, S. Jain, I.I. Mokhov, J. Overland, J. Perlwitz, R. Sebbari and X. Zhang, 2013: Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Boisier, J. P., Rondanelli, R., Garreaud, R. D., Muñoz, F. (2016). Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 413-421. doi:10.1002/2015GL067265.
- Cuevas & Van Leersum (2001). Project “Conservation, restoration, and development of the Juan Fernandez islands, Chile”. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74, 899-910.
- Falvey, M., Garreaud, R. (2009) Regional cooling in a warming world: recent temperature trends in the Southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979–2006). *J. Geophys. Res. Atmos.* 114(D04):102.
- Hajek, G., Espinoza, G. A., & Castilla, J. C. (1992). Meteorología, climatología y bioclimatología de las islas oceánicas chilenas.
- Informe Final (2019). Simulaciones climáticas regionales para el continente Antártico y territorio insular Chileno, (CR)2.
- Informe Nº 2 (2018). Simulaciones climáticas regionales para el continente Antártico y territorio insular Chileno, (CR)2.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. Climate change 1995: the science of climate change. Contribution of working group I to the second assessment report of the IPCC. Cambridge University Press, New York.
- Karnauskas, K. B., Donnelly, J. P., & Anchukaitis, K. J. (2016). Future freshwater stress for island populations. *Nature climate change*, 6(7), 720.
- Laine, A., Nakamura, H., Nishii, K. & Miyasaka, T. (2014). A diagnostic study of future evaporation changes projected in CMIP5 climate models. *Clim. Dynam.* 42, 2745–2761.
- Nunn, P.D., Mimura, N. (1997). Vulnerability of South Pacific island nations to sea-level rise. In: Leatherman SP (ed) *Island states at risk, global climate change, development and population*. J. Coastal. Res. Spec. Issue. 24:133–151
- Quilliam, L., Cox, R., Campbell, P., & Wright, M. (2011). Coastal climate change impacts for Easter Island in 2100. In *Coasts and Ports 2011: Diverse and Developing: Proceedings of the 20th Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference and the 13th Australasian Port and Harbour Conference* (p. 617). Engineers Australia.
- Scheff, J. & Frierson, D. M. W. (2014). Scaling potential evapotranspiration with greenhouse warming. *J. Clim.* 27, 1539–1558.
- Stuessy, T. F., Swenson, U., Marticorena, C., Matthei, O., & Crawford, D. J. (1998). Loss of plant diversity and extinction on Robinson Crusoe Islands, Chile. Rare, threatened, and endangered floras of Asia and the Pacific rim. Edited by C.-I. Peng and P. Lowry II. Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series, 16, 243-257.



ANEXOS

ANEXO I: USO DE LA PLATAFORMA DE VISUALIZACIÓN

En esta sección se describe la plataforma de visualización de simulaciones (<http://simulaciones.cr2.cl>), cuyo objetivo principal es proveer información de proyecciones climáticas a distintas instituciones de gobierno, comunidad científica y otros actores que lo requieran. La plataforma contiene diversas bases de datos de simulaciones, y genera mapas, tablas, gráficos y series de tiempo que permiten analizar escenarios del clima presente y futuro para distintas regiones: Sudamérica, Chile continental, Península Antártica, territorio insular (incluye Isla de Pascua y Archipiélago Juan Fernández), o para coordenadas ingresadas manualmente.

La compilación y organización de las bases de datos grillados que se muestran en la Plataforma de Simulaciones se mantienen en la plataforma de almacenamiento del (CR)2 y son accesibles luego de llenar un formulario y aceptar los términos de uso, en <http://simulaciones.cr2.cl/descargas>. La Plataforma de Simulaciones incluye resultados de simulaciones climáticas globales y regionales, realizadas por grupos en Chile y el extranjero, así como productos basados en datos observacionales desarrollados por el (CR)2.

1) Componentes de la plataforma

El uso de la Plataforma de Simulaciones comienza con la selección de la región de interés (Sudamérica, Chile continental, territorio Insular, Antártica). Luego se selecciona la variable y modelos disponibles de acuerdo a la región, período del año, escenarios y cálculos que se visualizarán en el mapa. También es posible definir una zona o un punto para el cual se calcularán tablas y gráficos más detallados para los distintos períodos y escenarios, que se despliegan en el panel inferior.

Las simulaciones originales están disponibles en la plataforma de descarga, a la que se puede acceder desde el enlace ‘Datos de Entrada’.

1.a. Componente superior: Mapas promedio de un período o anomalías

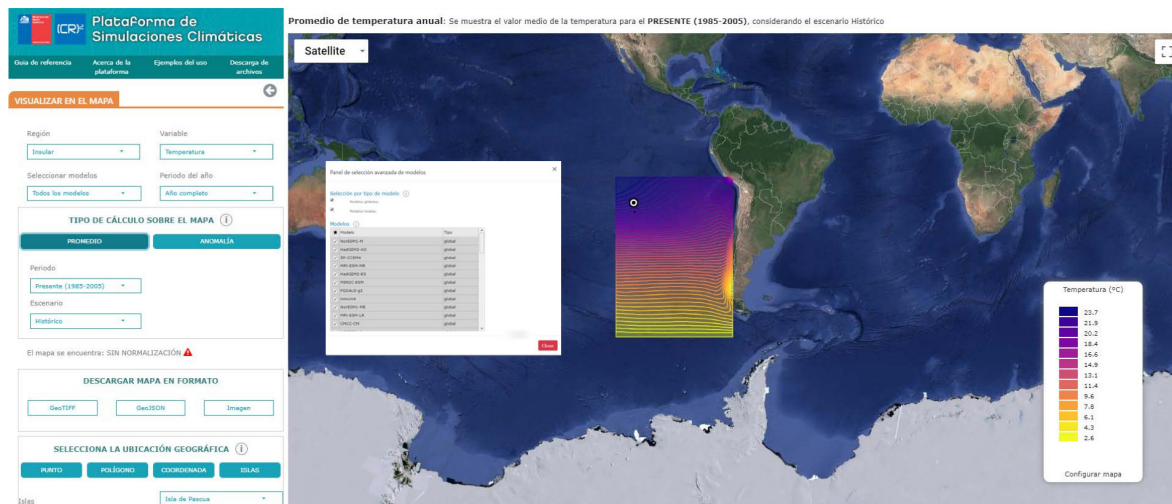


Figura A1.1. Opciones del menú del área del mapa de la Plataforma de Simulaciones.

1. Selección de una región del mapa (Chile continental, Sudamérica, Antártica o Insular) y la variable a analizar.
2. Selección de todos los modelos o un subconjunto de ellos: CMIP5 (global), CORDEX (regional), Alta resolución (disponibles para Chile continental y Antártica).
3. Selección de período de estudio: año completo, estación del año o mes específico.
4. Tipo de cálculo: PROMEDIO de un período, o ANOMALÍA (diferencia) entre un período futuro y el presente.
5. Opciones para descargar el mapa en formato GeoJSON, GeoTIFF o png.
6. Selección de ubicación geográfica sobre el mapa: Punto, Polígono, Coordenada, Macrozona o Isla, para generar los gráficos o tabla resumen del panel inferior.
7. Panel de selección avanzada de modelos para elegir modelos específicos.
8. Seleccionar modelos según categoría: global, regional o local.
9. Opciones para cambiar escala de colores, intervalo y rango del mapa.
10. Cambiar el tipo de contorno del mapa (ver sólo líneas, sombreado o colores sólidos)

Más detalles son:

- Las **‘Regiones disponibles’** para el mapa son: Chile continental, Sudamérica, Antártica e Insular. Notar que la región ‘Antártica’ corresponde a una zona que comprende el extremo Sur-Austral de Chile y Península Antártica, y la región ‘Insular’ corresponde a un área del Pacífico que contiene la Isla de Pascua y el Archipiélago Juan Fernández.
- Las **‘Variables disponibles’** son temperatura, precipitación, nubosidad, viento, presión, humedad, radiación, nubosidad, evaporación y escorrentía. Para Antártica se puede ver: fracción de hielo sobre el mar, espesor y cantidad de nieve superficial, deshielo sobre la superficie y duración de la luz solar.

- El **‘Período del año’** que se va a analizar en el mapa y los gráficos: puede ser el año completo (promedio anual); un período semestral verano-invierno o trimestral DEF (diciembre-enero-febrero), MAM (marzo-abril-mayo), JJA (junio-julio-agosto), o SON (septiembre-octubre-noviembre). También se puede seleccionar un mes específico.
- En **‘Tipo de cálculo sobre el mapa’** se puede seleccionar PROMEDIO de un período presente o futuro, o ANOMALIA (diferencia) entre un período futuro y el presente. Los **‘Períodos definidos’** son: Presente (1985-2005), Futuro Cercano (2020-2045), Futuro Intermedio (2045-2070) y Futuro Lejano (2070-2095). Los **‘Escenarios’** considerados son: evaluación, histórico, RCP2.6 y RCP8.5.
- Para cada región geográfica hay distintos modelos disponibles que se pueden elegir en "Seleccionar Modelos": (a) Todos los modelos; (b) CMIP5, globales, disponibles para todas las regiones; (c) CORDEX, regionales, disponibles para Sudamérica, Chile continental y Antártica; y (d) CMIP5-chile, una selección de seis modelos globales que ofrecen un mejor rendimiento en términos de climatología y variabilidad interanual en términos de evaluación a gran escala. Además, se cuenta con simulaciones de alta resolución, que muestran información más detallada sobre la región, estos son: (e) CR2-RegCM4, Chile continental; y (f) CR2-PWRF, Antártica. Para el territorio Insular se seleccionaron seis modelos globales presentes en: (g) CMIP5-insular, que se comportan mejor con respecto a la climatología para Isla de Pascua y Juan Fernández, en cuanto a la precipitación y temperatura cercana a la observada y una adecuada representación del impacto de modos de variabilidad de gran escala (como el fenómeno de “El Niño”). Junto con esto, para todos los territorios se encuentra: (h) Selección avanzada de modelos, que permite seleccionar grupos de modelos globales, regionales, locales o específicos.
- Para ver los gráficos y proyecciones para una **‘Ubicación Geográfica’** determinada, se puede seleccionar un ‘Punto’ o ‘Polígono’, ingresando coordenadas o presionando puntos en el mapa. También para algunas regiones hay **Macrozonas** o Islas predefinidas. Para Chile continental las 7 macrozonas consideradas son: Altiplano, Norte Grande, Norte Chico, Chile Central, Zona Sur, Patagonia y Magallanes. En la región Insular se considera **un punto para la Isla de Pascua y uno para el Archipiélago Juan Fernández**, consistentes con la ubicación de sus estaciones meteorológicas.

1.b. Componente inferior: Tablas y gráficos para una ubicación seleccionada

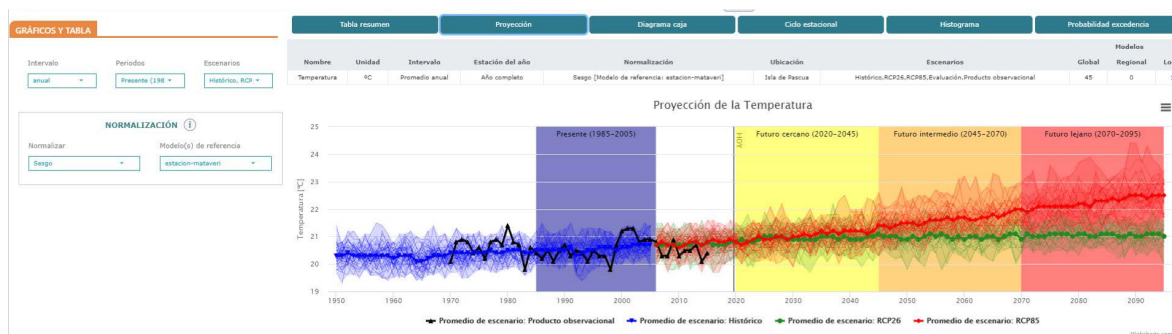




Figura A1.2. En la parte inferior se despliega una tabla resumen y una serie de gráficos para el punto, polígono, macrozona o isla definida en el menú.

- 1) Seleccionar intervalo de datos mensuales o anuales para los gráficos de la ubicación seleccionada.
- 2) Seleccionar períodos y escenarios a mostrar en los gráficos.
- 3) Aplicar normalización con o sin modelo de referencia. (Por defecto los datos están normalizados sin modelo de referencia).
- 4) Tabla resumen de datos para la variable sobre la ubicación seleccionada en el mapa.
- 5) Gráficos de proyección de series de tiempo para los distintos modelos y escenarios.
- 6) Diagrama de caja para los distintos modelos dando a conocer la variabilidad climática de la ubicación seleccionada para los distintos escenarios y períodos.
- 7) Promedio mensual por escenario y períodos, mostrando los distintos ciclos estacionales.
- 8) Entrega información la frecuencia de la variable para distintos períodos y escenarios.
- 9) Porcentaje de años donde la variable seleccionada se encuentra en el valor promedio mostrado.
- 10) Oculta o despliega el mapa.
- 11) Exportar la tabla “Resumen” a csv o xlsx.
- 12) Exportar los gráficos en la plataforma a distintos formatos (png, jpg, pdf o svg).

Más detalles son:

- Sobre el intervalo temporal de los datos para los gráficos, por defecto, la plataforma selecciona el **intervalo anual**, pues se visualiza mejor. Para ver detalles al seleccionar datos mensuales, se recomienda hacer zoom sobre el período de interés.
- Se puede seleccionar los ‘**Períodos de tiempo**’ (Presente de 1985-2005, Futuro Cercano de 2020-2045, Futuro Intermedio de 2045-2070 y Futuro Lejano de 2070-2095) y los ‘**Escenarios**’ a mostrar sobre los gráficos.
- La ‘**Normalización**’ permite ajustar los valores de las simulaciones que provienen de los distintos modelos respecto a un período de referencia común (1985-2005). Esto sirve para observar las tendencias de la variable en el tiempo, en lugar de mirar su valor absoluto para cada modelo y escenario. Por defecto, los datos se encuentran normalizados con respecto a su promedio, sin modelos de referencia, pero se puede seleccionar alguna simulación o producto basado en observaciones como referencia. Las Normalizaciones a aplicar se describen en la sección V: ‘Glosario de conceptos’ Normalización de datos de la Plataforma.
- La tabla ‘**Resumen**’ entrega los valores para la variable y ubicación seleccionada (latitud y longitud del punto, o bien la región o macrozona), por modelo, tipo de simulación (global, regional, local) y escenarios por período. Sobre cada columna de la tabla se entrega el promedio de los datos $\pm$ 2 veces el error estándar, para el escenario y período correspondiente.
- El gráfico ‘**Proyección**’ muestra las series de tiempo para la variable y todos los modelos seleccionados. Muestra los escenarios y distintos períodos: presente, futuro cercano, futuro intermedio y futuro lejano, y destaca los promedios de todos los modelos por escenario y período. Por defecto los datos se encuentran normalizados con respecto y se ve la tendencia

- El gráfico **‘Diagrama de caja’** muestra un diagrama de caja o boxplot mostrando la distribución de los datos (máximo, mínimo, mediana, cuartil superior, cuartil inferior) de cada modelo para los escenarios y períodos en la ubicación seleccionada.
- El gráfico **‘Ciclo estacional’** muestra un promedio para cada mes, por escenario, para los distintos períodos de la variable seleccionada obteniendo así los ciclos estacionales asociados.
- El gráfico **‘Histograma’** entrega información porcentual de la frecuencia de valores obtenidos para la variable seleccionada para los distintos períodos y escenarios, tomando en cuenta si los datos están normalizados o no.
- El gráfico **‘Probabilidad de excedencia’** corresponde al porcentaje de años donde la variable seleccionada se encuentra en el valor promedio mostrado sobre el eje horizontal, esto para cada escenario y período.

2) Plataforma de descarga de los datos entrada

Los datos originales presentados en la plataforma de visualización se pueden revisar en la plataforma de descarga (<http://simulaciones.cr2.cl/descargas>). Para estos datos destacamos:

- Para ingresar a la plataforma de descarga se debe llenar un formulario que incluye la aceptación de los términos de uso para solicitar el acceso a los datos.
- Los datos de Simulaciones Globales y Regionales provenientes de otras instituciones, han sido compilados por el equipo (CR)², para fines de investigación y docencia y no sustituyen a los datos originales provistos por los proyectos de intercomparación de modelos CMIP5 y CORDEX de WCRP.
- Todas las simulaciones y productos basados en observaciones están en formato matricial NetCDF, el estándar para simulaciones climáticas que se puede manipular con una variedad de programas, y que pueden llegar a pesar varios GigaBytes por archivo.
- Los datos provenientes de estas simulaciones se almacenan en un sistema de archivos de gran capacidad, bajo una estructura de directorios ordenada.
- Los datos almacenados son estáticos y no se modifican una vez generados. Nuevos datos o actualizaciones de los productos grillados basados en observaciones se pueden agregar al sistema de archivos en actualizaciones ocasionales.
- Un tipo de dato especial son los datos de proyecciones generados para las variables de temperaturas y precipitación para los puntos asociados a las estaciones meteorológicas de Isla de Pascua y Archipiélago Juan Fernández, que están en formato CSV. Estas proyecciones son el resultado del método de escalamiento estadístico Quantile Delta Mapping (QDM), el cual preserva cambios absolutos en la variable temperatura y relativos para precipitación, corrigiendo al mismo tiempo los sesgos en la distribución de frecuencia de la variable simulada, respecto de la referencia (datos observados). Más detalles del método en describen en la sección V: ‘Glosario de conceptos’ ‘Quantile Delta Mapping (QDM)’.

Con respecto al diseño y objetivo de la plataforma de descarga:

- Permite seleccionar una región o dominio (Global, Sudamérica, Antártica, Insular) experimento y escenario, resolución temporal (diaria o mensual), variable y modelo, desplegando todos los archivos que calzan con la selección.
- Los archivos desplegados se pueden filtrar por texto y seleccionar para recibir un enlace de descarga por correo electrónico.

Los pasos básicos son:

1. Seleccionar Dominio, Experimento/Escenario, Resolución temporal, Variable y modelo.
2. Filtra los archivos desplegados por texto ingresado.
3. Permite seleccionar todos los archivos para recibir por correo un enlace desde donde descargar los datos.

Plataforma de Simulaciones Climáticas | Descargas

Cerrar sesión Guía de referencia Acerca de la plataforma Ejemplos del uso Plataforma de Visualización

Dominio: Territorio insulz Experimento: producto-estac Resolución: Diaria Variable: Precipitación Modelo: CanESM2

Filtrar:

Seleccionar Todos Limpiar Selección

Archivos desplegados: 10. Se explican los alcances del proyecto en <http://www.cr2.cl/simulaciones-regionales-regcm4> . Consultas a cr2sysadmin@dgf.uchile.cl

- ☐ JuanFernandez_pr_day_CanESM2_ODM_historical_1970_2010.csv
- ☐ JuanFernandez_pr_day_CanESM2_ODM_rcp26_2030_2070.csv
- ☐ JuanFernandez_pr_day_CanESM2_ODM_rcp26_2060_2100.csv
- ☐ JuanFernandez_pr_day_CanESM2_ODM_rcp85_2030_2070.csv
- ☐ JuanFernandez_pr_day_CanESM2_ODM_rcp85_2060_2100.csv
- ☐ Mataveri_pr_day_CanESM2_ODM_historical_1970_2010.csv
- ☐ Mataveri_pr_day_CanESM2_ODM_rcp26_2030_2070.csv
- ☐ Mataveri_pr_day_CanESM2_ODM_rcp26_2060_2100.csv
- ☐ Mataveri_pr_day_CanESM2_ODM_rcp85_2030_2070.csv
- ☐ Mataveri_pr_day_CanESM2_ODM_rcp85_2060_2100.csv

Figura A1.3. Opciones del menú de la plataforma de descarga.

ANEXO II: GLOSARIO DE CONCEPTOS

Se incluye un glosario de conceptos relevantes. La principal fuente de definiciones proviene del documento IPCC, 2014: Anexo II: Glosario. (Mach et al., 2014).

Cambio climático (Climate change)

Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos, tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antrópicos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el *Cambio Climático* (CMNUCC), define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad del clima atribuible a causas naturales. IPCC, 2014: Anexo II: Glosario.

Ensamble (Ensemble)

Conjunto de simulaciones de modelos que caracterizan una predicción climática o una proyección climática. Las diferencias en las condiciones iniciales y la formulación de los modelos dan lugar a diferentes evoluciones de los sistemas de los modelos y pueden aportar información sobre la incertidumbre

asociada con el error de los modelos y con el error en las condiciones iniciales en el caso de los pronósticos climáticos y sobre la incertidumbre asociada con el error de los modelos y con la variabilidad del clima generada internamente en el caso de las proyecciones climáticas. IPCC, 2014: Anexo II: Glosario.

Escenario de emisiones (Emission scenario)

Representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que podrían ser radiativamente activas (por ejemplo, gases de efecto invernadero y aerosoles), basada en un conjunto coherente de supuestos sobre los factores que las impulsan (por ejemplo, el desarrollo demográfico y socioeconómico, el cambio tecnológico, la energía y el uso del suelo) y las principales relaciones entre ellos. Los escenarios de concentraciones, obtenidos a partir de los escenarios de emisiones, se introducen en un modelo climático para obtener proyecciones climáticas. IPCC, 2014: Anexo II: Glosario.

Forzamiento externo (External forcing)

Agente de forzamiento ajeno al sistema climático que induce un cambio en este. Son forzamientos externos las erupciones volcánicas, las variaciones solares, los cambios antropógenos de la composición de la atmósfera y el cambio de uso del suelo. El forzamiento orbital también constituye un forzamiento externo, puesto que la insolación se modifica con la excentricidad de los parámetros orbitales, la inclinación y la precesión de los equinoccios. IPCC, 2014: Anexo II: Glosario.



Forzamiento radiativo (Radiative forcing)

La potencia de los elementos impulsores se cuantifica como forzamiento radiativo en unidades de vatios por metro cuadrado (W/m^2), como figura en anteriores evaluaciones del IPCC. El forzamiento radiativo es el cambio en el flujo de energía causado por un elemento impulsor y se calcula en la tropopausa o en la parte superior de la atmósfera. IPCC, 2014: Anexo II: Glosario.

Forzante o condición de borde (Forcing conditions or border conditions)

En el contexto de la modelación climática numérica (con un modelo computacional), las condiciones de borde son un conjunto de condiciones físicas en los bordes físicos del dominio de simulación. Si el modelo es un modelo climático regional, las condiciones de borde pueden provenir de otro modelo (un modelo global) o un análisis de observaciones (reanálisis atmosférico) y también se puede denominar modelo forzante. En el caso de un modelo global, las condiciones de borde pueden ser las trayectorias de gases de efecto invernadero, aerosoles, o uso de suelo, y el forzante se denomina un escenario de emisiones, por ejemplo.

Incertidumbre (Uncertainty)

Estado de conocimiento incompleto que puede deberse a una falta de información o a un desacuerdo con respecto a lo que es conocido o incluso cognoscible. Puede deberse a distintas circunstancias, desde la imprecisión en los datos hasta una definición ambigua de un concepto o término, o una proyección incierta del comportamiento humano. Por ello, la incertidumbre puede representarse mediante magnitudes cuantitativas (por ejemplo, una función de densidad de probabilidad), o mediante asertos cualitativos (que reflejen, por ejemplo,

una apreciación de un equipo de expertos). IPCC, 2014: Anexo II: Glosario.

Tipos de incertidumbre

- Incertidumbre de emisiones. Se aborda con la construcción de múltiples escenarios igualmente probables.
- Incertidumbre del modelo. Los modelos no representan todos los procesos relevantes de manera perfecta, etc. Se aborda usando ensambles.
- Incertidumbre en condiciones iniciales o borde. Se aborda usando múltiples simulaciones.
- Variabilidad natural. Se aborda usando múltiples simulaciones con condiciones iniciales algo distintas.

Modelo climático o modelo climático acoplado (Climate model coupled climate model)

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. El sistema climático se puede representar mediante modelos de diverso grado de complejidad; en otras palabras, para cada componente o conjunto de componentes es posible identificar un espectro o jerarquía de modelos que difieren en aspectos tales como el número de dimensiones espaciales, el grado en que aparecen representados explícitamente los procesos físicos, químicos o biológicos, o el grado de utilización de parametrizaciones empíricas. Los modelos de circulación general atmósfera-océano acoplados proporcionan la más completa representación del sistema climático

actualmente disponible. Se está evolucionando hacia modelos más complejos que incorporan química y biología interactivas. Los modelos climáticos se utilizan como herramienta de investigación para estudiar y simular el clima y para fines operativos, en particular predicciones climáticas mensuales, estacionales e interanuales. IPCC, 2014: Anexo II: Glosario.

Normalización de datos de la Plataforma (Data normalization)

En la Plataforma, la normalización permite ajustar los valores de las simulaciones que provienen de los distintos modelos respecto a un período de referencia común (1985-2005), y sirve para observar las tendencias de cada variable en el tiempo en vez de mirar su valor absoluto para cada escenario. Por defecto, los datos se encuentran normalizados con respecto a su promedio, sin modelos de referencia. La normalización de los datos se puede modificar en la sección Configuración de la Plataforma. Véase también Normalización de mapas de la Plataforma y Normalización de series de tiempo de la Plataforma.

Normalización de mapas de la Plataforma (Map normalization)

Los mapas de la Plataforma generalmente muestran los valores de la variable seleccionada sin normalizar. Por ejemplo, cuando se selecciona el Tipo de Cálculo PROMEDIO en el mapa, se despliega siempre el promedio de la variable para el período seleccionado, sin normalización. Cuando se selecciona el Tipo de Cálculo DIFERENCIA, hay dos casos. Si la variable ha sido normalizada con el método “FACTOR”, el valor mostrado en el mapa es el cambio relativo, definido como: $100 \cdot (\text{FUTURO} / \text{PRESENTE} - 1)$. En los otros casos, el mapa despliega la diferencia simple

FUTURO – PRESENTE. Véase también Normalización de series de tiempo de la Plataforma.

Normalización de series de tiempo de la Plata- forma (Time series normalization)

En el caso de las series de tiempo, el proceso de normalización consiste en que las series tengan la misma media en el período de referencia que llamamos PRESENTE (1985-2005). En la Tabla 2 se define la normalización por FACTOR y por SESGO, y su aplicación depende de la variable seleccionada. Las variables a las que se aplica la normalización por FACTOR son: precipitación, radiación, escorrentía, presión atmosférica superficial, humedad específica. Las variables a las que se aplica SESGO son: temperatura, velocidad del viento, presión a nivel del mar, humedad relativa. En el caso de normalización por FACTOR sin modelo de referencia, las unidades cambian a porcentaje, y en los otros casos se mantienen las unidades originales.

En la Tabla A1.1, V es la serie de tiempo a ser normalizada. El $prom_p$ de V corresponde al promedio de todos los datos de los modelos seleccionados por el usuario en la plataforma de visualización, sobre el período de 1985-2005. V_{ref} en tanto corresponde a una selección de datos, que se puede usar de referencia para la normalización.

Tabla A1.1: Normalizaciones que se aplican a los datos seleccionados.

Tipo de Normalización	Con o Sin Modelo de Referencia	Fórmula de $V_{normalizada}$
FACTOR: Normalización aplicando un factor a variables cuya distribución está acotada.	SIN modelo referencia	$= \frac{V}{prom_p(V)} \cdot 100$
	CON modelo referencia	$= \frac{V \cdot prom_p(V_{ref})}{prom_p(V)}$
SESGO: Normalización aplicando un sesgo a variables cuya distribución es similar a una curva gaussiana.	SIN modelo referencia	$= V - prom_p(V)$
	CON modelo referencia	$= V - prom_p(V) + prom_p(V_{ref})$

En la plataforma existe como modelo de referencia el producto CR2MET, también una simulación de evaluación realizada por el (CR)2 forzada por ERA-Interim en la plataforma CR2-PWRF-3-9-1-15K@ECMWF-ERAINT. Por último, existe la opción de utilizar como modelo de referencia el promedio de todos los modelos existentes sobre el período 1985-2005. El $prom_p$ de V_{ref} está definido por el promedio de los datos de los modelos de referencia sobre el período 1985-2005. Véase también Normalización de mapas de la Plataforma.

Producto grillado basado en observaciones (Gridded dataset)

Consiste en campos de datos grillados que asimilan datos observacionales con métodos estadísticos o dinámicos. Como método de validación de los procesos meteorológicos, se utilizan mapas grillados de temperatura o precipitación por ejemplo, que han asimilado observaciones satelitales o de superficie, con

alguna metodología estadística o dinámica. Existen muchas instituciones dedicadas a generar este tipo de mapas que simplifican la obtención de datos en zonas donde hay pocas estaciones meteorológicas de superficie, típicamente grillados de precipitación o temperatura, basados en reanálisis atmosférico, observaciones satelitales y/o de superficie. Estos datos son asimilados con métodos estadísticos o modelos. Un ejemplo de este producto es CR2MET.

Producto estadístico QDM (Quantile Delta Mapping)

Este método consiste en un ajuste estadístico de variables estimadas (simuladas en este caso), usando como referencia una muestra observada. El método considera un ajuste de la distribución de frecuencia de la variable evaluada, considerando así, además de la media, la varianza y ocurrencia de extremos. A diferencia de otras técnicas similares (ej., Mapeo de Cuantiles o QM por sus siglas en inglés), la técnica QDM está orientada al ajuste de variables disponibles en distintos periodos temporales, y preserva cambios absolutos (utilizados típicamente para temperatura) o relativos (ej., precipitación) en los cuantiles entre un periodo y otro, corrigiendo al mismo tiempo los sesgos de la variable simulada respecto de la referencia observacional.

La técnica QDM se aplica, en este caso, para ajustar las temperaturas diurnas extremas y precipitación diaria simulada con seis modelos globales de clima (GCM), utilizando como referencia los registros históricos de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) en las islas Rapa Nui y Robinson Crusoe. Cuatro modelos fueron seleccionados del conjunto de simulaciones CMIP5 a partir de diferentes criterios, entre ellos, una adecuada representación del impacto de modos de

variabilidad de gran escala (como el fenómeno de “El Niño”) en el clima del Pacífico sur-oriental. Este diagnóstico se hizo en el marco del proyecto “Actualización del Balance Hídrico Nacional” (DGA, 2017). Los otros dos modelos se añadieron en este estudio por presentar, respecto de otros GCMs, una climatología de precipitación y temperatura cercana a la observada. El método se aplicó para evaluar cambios entre un periodo de referencia (1970-2010) y dos periodos del siglo XXI: futuro intermedio (2030-2070) y futuro lejano (2060-2100).

Proyección (Projection)

Evolución futura que podría seguir una magnitud o un conjunto de magnitudes, generalmente calculada mediante un modelo. A diferencia de las predicciones, las proyecciones están condicionadas por supuestos relativos, por ejemplo, eventualidades socioeconómicas y tecnológicas futuras que podrían o no hacerse realidad. Véase también proyección climática. IPCC, 2014: Anexo II: Glosario.

Proyección climática (Climate projection)

Respuesta simulada del sistema climático a diversos escenarios de emisiones o de concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles, frecuentemente basada en simulaciones mediante modelos climáticos. Las proyecciones climáticas se diferencian de las predicciones climáticas por su dependencia del escenario de emisiones, concentraciones, forzamiento radiativo utilizado, basado en supuestos relativos, por ejemplo, a un devenir socioeconómico y tecnológico que puede o no materializarse. IPCC, 2014: Anexo II: Glosario.

Reanálisis atmosférico (Atmospheric reanalysis)

Campos generados por un modelo climático que incorpora observaciones satelitales y de superficie a través de asimilación de datos. Los reanálisis son realizados a nivel global y requieren de gran infraestructura computacional.

Trayectorias de concentración representativas (RCPs representative concentration pathways)

Escenarios que abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de gases de efecto invernadero y aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo y la cubierta terrestre. La palabra “representativa” significa que cada trayectoria de concentración ofrece uno de los muchos posibles escenarios que conducirían a las características específicas de forzamiento radiativo. La palabra trayectoria hace hincapié en que únicamente son de interés los niveles de concentración a largo plazo, pero también indica el camino seguido a lo largo del tiempo para llegar al resultado en cuestión. Las trayectorias de concentración representativas generalmente hacen referencia a la parte de la trayectoria de concentración hasta el año 2100, para las cuales los modelos de evaluación integrados han generado los correspondientes escenarios de emisiones. Las trayectorias de concentración ampliadas describen ampliaciones de las trayectorias de concentración representativas entre 2100 y 2500 calculadas mediante normas sencillas generadas a partir de las consultas con las partes interesadas y no representan escenarios plenamente coherentes. IPCC, 2014: Anexo II: Glosario.

Variabilidad del clima o variabilidad natural (Climate variability)

Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa). Véase también cambio climático. IPCC, 2014: Anexo II: Glosario

RCP2.6

Trayectoria en la que el forzamiento radiativo alcanza el valor máximo a aproximadamente 3 W/m² antes de 2100 y posteriormente disminuye (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las emisiones sean constantes después de 2100).

RCP4.5 y RCP6.0

Dos trayectorias de estabilización intermedias en las cuales el forzamiento radiativo se estabiliza a aproximadamente 4.5 W/m² y 6.0 W/m² después de 2100 (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las emisiones sean constantes después de 2150).

RCP8.5

Trayectoria alta para la cual el forzamiento radiativo alcanza valores >8.5 W/m² en 2100 y sigue aumentando durante un lapso de tiempo (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las emisiones sean constantes después de 2100 y las concentraciones sean constantes después de 2250).

Valor agregado (Added value)

El concepto de “valor agregado” (AV, por sus siglas en inglés) busca evaluar si el ejercicio de correr un modelo regional (RCM/CORDEX), a partir del forzante o condiciones de borde tomado de un modelo climático global (GCM/CMIP5) mejora la simulación de algún aspecto o variable del clima.

$$\text{Valor Agregado} = \frac{((X_{\text{CMIP5}} - X_{\text{OBS}})^2 - (X_{\text{CORDEX}} - X_{\text{OBS}})^2)}{(\max((X_{\text{CMIP5}} - X_{\text{OBS}})^2, (X_{\text{CORDEX}} - X_{\text{OBS}})^2))}$$

ANEXO III: ACRÓNIMOS

AR6 BATS	IPCC Sixth Assessment Report
CLARIS	A Europe–South America network for Climate Change Assessment and Impact Studies http://www.cima.fcen.uba.ar/ClarisLPB/wp5_DataPortal.php
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 https://esgf-node.llnl.gov/projects/cmip5/
CMNUCC	A Europe–South America network for Climate Change Assessment and Impact Studies http://www.cima.fcen.uba.ar/ClarisLPB/wp5_DataPortal.php
CORDEX (CR)2	Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment http://www.cordex.org/ Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia http://www.cr2.cl
DGF	Departamento de Geofísica Universidad de Chile http://www.dgf.uchile.cl
DMC	Dirección Meteorológica de Chile http://www.meteochile.cl
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets
ERA-Interim	Global 'European Reanalysis' de ECMWF
FCFM	Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile http://ingenieria.uchile.cl/
GEI	Gases de efecto invernadero
GCM	General Circulation Models http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm_guide.html
GeoJSON	Estándar abierto para codificar estructuras de datos geográficos. Basado en JSON (Java Script Object Notation)
GeoTIFF	Estándar abierto de metadatos que permite georreferenciar información, embebida en un archivo gráfico TIFF (Tag Image File Format)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change http://www.ipcc.ch/index.htm
MMA	Ministerio de Medio Ambiente http://portal.mma.gob.cl/
MODIS LST	MODIS Land Surface Temperature https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod11.php
NCAR-CESM1	NCAR, The Community Earth System Model v.1 (CESM1) http://www.cesm.ucar.edu/models/cesm1.0/
Polar-WRF	Polar Weather Research and Forecasting https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model
RCM	Regional Climate Model https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/380.html
WCRP	World Climate Research Programme http://www.wcrp-climate.org/
WRF	Weather Research and Forecasting https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model

