

EL ESTUDIO CIENTÍFICO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: ESPACIO LOCAL Y FENÓMENO GLOBAL

The Scientific Study of Climate Change in Chile: Local Space and Global Phenomenon.

GONZALO AGUIRRE*, TOMÁS UNDURRAGA**, DUSAN COTORAS***
& TAMARA ORELLANA****

Fecha de recepción: 28 de octubre de 2021 – Fecha de aprobación: 25 de abril de 2022

Resumen:

El cambio climático es un problema de interés público a escala global. Por sus dimensiones espaciales y temporales, este fenómeno requiere la construcción de una perspectiva global amplia para ser legible. Sin embargo, ¿cómo se manifiesta su estudio en lo local? Este artículo explora algunas particularidades de las ciencias del clima practicadas en Chile a partir de entrevistas y observaciones con integrantes del Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia. El artículo argumenta que las ciencias del clima en Chile presentan una condición híbrida, entre vida local y pertenencia global. Para ello, explora la tensión entre las condiciones locales de investigación en Chile y el estudio global del cambio climático en torno a dos aspectos centrales: el uso local de dispositivos de visualización y la organización de las comunidades epistémicas que estudian el clima. Mostramos que existen condiciones locales que afectan la forma de producir conocimiento. Esta “cultura de lo inacabado” permea y da forma al conocimiento producido en Chile. Concluimos discutiendo el lugar de las ciencias locales en la globalidad del cambio climático.

Palabras clave: cambio climático; ciencias del clima; modelos del clima; modeladores; prácticas científicas.

Abstract:

Climate change is a public problem on a global scale. The spatial and temporal dimensions of this phenomenon make it necessary to produce a global perspective to understand its causes and effects. However, how knowledge about climate change is produced in local spaces? This paper explores particularities of climate sciences practiced in Chile, arguing that Chilean researchers have a hybrid condition between local forms of science and global participation in the scientific infrastructure of climate change. Tensions between Chilean conditions of scientific production and the global dimensions of climate change are explored in relation to two central aspects of climate sciences: the use and production of devices to visualize the climate and the organization of the scientific communities that research climate change. The paper is sustained in interviews and observations with researchers of the Center of Climate Science and Resilience (CR2).

Keywords: climate change; climate sciences; climate models; modelers; scientific practices.

* Mag. en Sociología. Asistente de Investigación, Universidad Alberto Hurtado, Santiago, Chile. El artículo se enmarca en el apoyo del proyecto ANID PIA SOC180039, período 2019-2021. Correo-e: gaaguirre@uc.cl

** Dr. en Sociología. Profesor asociado, Departamento de Sociología, Universidad Alberto Hurtado, Santiago, Chile.

Correo-e: tundurraga@uahurtado.cl

*** Sociólogo. Investigador externo del Núcleo en Tecnociencia y Biomateriales de la Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Correo-e: dcotoras@gmail.com

**** Mag. en Teoría e Historia del Arte. Estudiante de Doctorado en Filosofía mención Estética y Teoría del Arte, Universidad de Chile, Santiago, Chile. Correo-e: mithnariel@gmail.com

Introducción

El cambio climático es uno de los problemas contemporáneos de mayor interés público a escala global. El clima es un objeto científico complejo, que existe en escalas espaciales y temporales que exceden los límites de la vida humana individual. Hablar de cambio climático implica imaginar un pasado profundo y un futuro abierto (Hastrup, 2014). Mientras que los espacios locales muestran lentamente indicios de cambios sostenidos, hace al menos dos décadas que científicos de todo el mundo han alertado sobre las transformaciones del clima y sus posibles efectos sobre la vida en la Tierra en el mediano y largo plazo (International Panel on Climate Change, 2014). Por sus dimensiones espaciales y temporales, el cambio climático requiere de una perspectiva global amplia (Tsing, 2004), que usualmente se construye mediante sofisticados dispositivos de representación.

La producción de conocimiento sobre el clima y sobre los centros científicos de investigación de este fenómeno ha tendido a centrarse en países del Norte global, como los Estados Unidos, Inglaterra o Suecia (Lahsen, 2005a, 2005b; Shackley, 2001; Sundberg, 2006, 2007; Yearly, 1999). También existen estudios que se han enfocado en el desarrollo de las ciencias del clima en países del Sur global, como Australia y Brasil (Collyer et al., 2019; Connell et al., 2016, 2017b; Lahsen, 2002, 2009; Miguel, 2017b). No obstante, Australia y Brasil podrían considerarse “semiperiferias” (Alatas, 2003), dado que son capaces de generar comunidades epistémicas robustas y destinar recursos para investigar el cambio climático.

Existe poco conocimiento sobre el desarrollo de las ciencias del clima en países de la periferia global, más pequeños y con comunidades epistémicas en proceso de formación – como es el caso de Chile. En este artículo, exploramos cómo se produce conocimiento climático en Chile a partir de la observación de cómo las condiciones locales de producción de conocimiento afectan el estudio del cambio climático en dos aspectos: el uso local de dispositivos de visualización del clima y los roles de quienes componen esta comunidad epistémica. Argumentamos que la producción de conocimiento de las investigadoras y los investigadores locales se sitúa entre la infraestructura global del cambio climático (Edwards, 2010) y las condiciones locales, a veces precarias, de producción científica –acceso limitado a instrumentos, pocos expertos, falta de datos sobre aspectos del territorio nacional, entre otras situaciones–.

Las distintas formas de conocimiento, incluso las más abstractas y globales, son influenciadas por los espacios locales donde se producen. En países de las periferias globales del conocimiento, las prácticas científicas han sido caracterizadas por su falta de financiamiento, dependencia respecto del conocimiento producido en países del Norte global y por privilegiar las redes internacionales por sobre la publicación nacional (Alatas, 2003; Beigel, 2013, 2014; Connell, 2018; Connell et al., 2017a; Rodríguez, 2014). No obstante, existen personas que logran posicionarse en las redes internacionales del conocimiento (Vessuri, 2007). En este artículo mostramos que las y los investigadores de Chile deben lidiar con una “cultura de lo inacabado” local. Es decir, con factores estructurales propios de las periferias del conocimiento global, que orientan la investigación a llenar vacíos de conocimiento en medio de carencias materiales.

Realizamos una etnografía multisitio (Marcus, 1995) en el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)². Este es un centro de investigación interdisciplinario, enfocado en el cambio climático global y sus efectos en Chile. Fue formado en 2013 gracias al Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias (FONDAP) de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), que desde 2019 pasó a ser la Agencia de Investigación y Desarrollo (ANID)¹.

El FONDAP busca promover la investigación de excelencia dentro de la política científica (CONICYT, 2014); sus evaluadores esperan resultados relevantes para las áreas estratégicas a nivel país. Esto se traduce en expectativas de productividad sobre quienes trabajan en la investigación académica. Las instituciones demandan acreditar el rendimiento individual y colectivo mediante métricas de alto impacto y extender las colaboraciones científicas a una comunidad de alcance mundial.

Los objetivos del FONDAP se alinean con las tendencias globales en la producción de conocimiento, que buscan instalar mecanismos de control sobre la calidad de las investigaciones para la asignación de recursos públicos (Gibbons et al., 1994; Nowotny, Scott & Gibbons, 2001). Chile definió indicadores de desempeño para la gestión pública con las reformas neoliberales de la década de 1980 (Bernasconi, 2015). Las consecuencias de esta forma de gestión pueden apreciarse en la actualidad: existen instituciones que alcanzan estándares internacionales de productividad y que, a la vez, conviven con un déficit en sus condiciones materiales (Fardella, 2020).

El (CR)² ha resultado ser un caso exitoso dentro de la iniciativa FONDAP según el resultado de sus adjudicaciones (CONICYT, 2017). El centro está integrado por más de 80 investigadoras e investigadores de diferentes disciplinas –física, ingeniería forestal, agronomía, bioquímica, biología, oceanografía, matemática, geografía, meteorología, climatología, ecología, psicología, antropología, economía y derecho– distribuidos en universidades del centro y sur de Chile. Una característica distintiva de este centro es que carece de un espacio físico definido. A pesar de su nombre, el (CR) probablemente se describa con mayor precisión como una red que conecta personas, instituciones y dispositivos de investigación.

En cuanto al perfil de sus integrantes, estos y estas son en su mayoría personas chilenas (6 % es extranjero) que han recibido formación académica internacional, ya sea a través de estudios de doctorado o posdoctorado en instituciones académicas del Norte global o mediante becas de visita a dichas instituciones. Aunque el (CR)² no es representativo de la amplia variedad de condiciones en que se realiza ciencia en Chile, es un caso instructivo para observar las contradicciones entre la globalización del conocimiento científico y las prácticas de investigación locales.

El artículo comienza describiendo los métodos utilizados, el ingreso al campo y los aspectos éticos de la investigación. Continúa con una caracterización del estudio del cambio climático como un fenómeno global, destacando el rol de los dispositivos visuales en el estudio del clima. Luego, las siguientes secciones desarrollan las características locales de las ciencias del clima en Chile. Primero, describimos etnográficamente el uso de representaciones del

clima, remarcando su centralidad en el estudio cotidiano del cambio climático. Posteriormente, nos referiremos a las particularidades de producir conocimiento del clima en lo local, discutiendo cómo cambian los roles que toman los climatólogos ante la cultura de lo inacabado. El artículo concluye discutiendo la posición de los espacios locales en la construcción global del cambio climático.

Metodología

Este artículo se sustenta en una etnografía realizada entre 2019 y 2020, en el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia. Enfrentamos una serie de desafíos al momento de ingresar a este espacio. Por ejemplo, teníamos un entendimiento parcial de gran parte de los lenguajes técnicos que circulan por este centro. Junto con ello, hubo distintas disposiciones de parte de las y los investigadores, que algunas veces facilitaron y otras dificultaron el desarrollo de nuestro trabajo. Sin embargo, nuestro principal desafío fue el carácter descentralizado y distribuido del (CR)² —¿cómo hacer etnografía en un centro que carece de un lugar que reúna temporal y espacialmente a sus miembros?—. Esto nos llevó a seguir a los científicos del (CR)² a sus oficinas, laboratorios y terrenos en distintas facultades, universidades y regiones. Nuestra estrategia para afrontar esta peculiaridad fue realizar una etnografía multisitio (Marcus, 1995), complementada con análisis de documentos institucionales. Realizamos 30 entrevistas semiestructuradas a investigadoras, investigadores y personal directivo, localizados en Santiago, Valdivia, Valparaíso y Concepción (trece mujeres y diecisiete hombres). El material recolectado —entrevistas, notas de

trabajo de campo, artículos, documentos institucionales— fue analizado con el software de análisis de datos cualitativos NVivo. Las viñetas que presentamos a continuación corresponden principalmente al acompañamiento a dos climatólogos, realizado por uno de los autores de este artículo. Por este motivo, las narraciones se encuentran en primera persona del singular.

El ingreso al campo fue acordado con la directiva del Centro mediante su equipo de ciencias sociales, quienes actuaron como *gatekeepers* de nuestra investigación. Con el objetivo de proteger la identidad personal y profesional de quienes aceptaron participar mediante entrevistas y observaciones, los nombres de las personas entrevistadas fueron cambiados por seudónimos, acompañados por su disciplina —dado que este aspecto resultó relevante para el análisis de los datos—. Una excepción es Juan Pablo, investigador que manifestó explícitamente estar de acuerdo con aparecer con su nombre real. Por último, este artículo fue compartido con integrantes del (CR)² para recibir sus comentarios, quienes no manifestaron reparos con la información que publicamos a continuación.

Cambio climático: infraestructura global de conocimiento

El cambio climático es un concepto clave para entender las transformaciones del orden político y científico contemporáneo a nivel global. El estudio de este fenómeno corresponde a una infraestructura global de conocimiento (Edwards, 2010), compuesta por una extensa y sofisticada red de expertos, dispositivos, teorías y formas de gobernanza. Entre los expertos que estudian el clima, hay consenso en que el

sistema Tierra se está calentando. No obstante, existen aspectos que aún son controversiales, como a qué velocidad ocurrirán los cambios en el clima, cuáles serán sus efectos y qué fracción de sus causas pueden atribuirse a la humanidad (Oreskes, 2014).

A pesar de la gran cantidad de evidencia disponible, el cambio climático es uno de los temas en que la erosión de la autoridad científica se ha expresado con mayor intensidad. A nivel global, instituciones científicas, empresarios, representantes de la sociedad civil y del Estado han disputado la veracidad del cambio climático, muchas veces negando su existencia (Lahsen, 2005b) o intentando deslegitimar directamente a los expertos que estudian este fenómeno (Grundmann, 2013).

Al hablar de cambio climático, los científicos se refieren típicamente a un período de calentamiento global, causado por emisiones de carbono de origen antrópico, fenómeno asociado a varias transformaciones a nivel planetario. El motivo por el que “cambio climático” circula más que “calentamiento global” se remonta a las controversias medioambientales de fines del siglo XX. El reemplazo de un término por el otro puede considerarse una victoria de grupos negacionistas, dado que la noción de cambio climático es ambigua y puede ser relativizada, mientras que el calentamiento global implica una cadena de causalidad directa entre los cambios en el clima y el consumo de combustibles fósiles (Morton, 2013).

En términos concretos, el cambio climático se asocia al incremento de la temperatura promedio del planeta y a la variación de otros parámetros climáticos, cuya causa se encuentra en la concentración de gases de efecto invernadero

de origen antropogénico. Estos gases evitan que parte de la radiación solar que ingresa a la Tierra salga de la atmósfera y vuelva al espacio, aumentando la temperatura del sistema; a mayor concentración de gases más energía es retenida en el planeta, lo que a su vez implica una mayor temperatura. La sensibilidad climática —es decir, qué tanto cambia el promedio global de temperatura en determinadas condiciones— es un concepto fundamental para establecer consensos al interior de las comunidades que estudian el cambio climático y permite traducir los hallazgos e intereses de la ciencia a un lenguaje inteligible para los tomadores de decisiones y el público general (Van der Sluijs et al., 1998).

Materialmente, el estudio del clima y del cambio climático no sería posible sin un amplio conjunto de dispositivos y prácticas. Existen dos formas más o menos definidas de aprender sobre el clima. Primero, recolectar datos empíricos sobre el comportamiento del clima pasado y presente. Por ejemplo, hay disciplinas enfocadas en indagar en el pasado remoto, como la dendrocronología, que estudia las marcas que el clima ha dejado en árboles en los últimos cientos o miles de años (Schinkel, 2016). Segundo, si se considera que el clima es un sistema físico y relativamente regular, es posible explicar y anticipar sus cambios. En general, la complejidad y la escala de la atmósfera hace imposible su estudio de forma experimental. Por lo tanto, la investigación depende, en gran medida, de dispositivos —computadores, instrumentos de medición y almacenamiento— y representaciones —modelos, gráficos, tablas, entre muchos otros—.

Los modelos son representaciones matemáticas de la realidad y son fundamentales para

muchas disciplinas, como la física o la economía (Morrison & Morgan, 1999), porque permiten que una teoría o un fenómeno, inabordable empíricamente, pueda ser manipulado al interior de un laboratorio. Los modelos climáticos son representaciones visuales y matemáticas de algunas interacciones físicas del sistema Tierra. Estos corresponden a un conjunto de dispositivos de distintos niveles de complejidad.

Los más complejos y valorados son los modelos de circulación global (MCG), que representan la atmósfera como pequeñas regiones con ciertas dimensiones espaciales y temporales. En general, los MCG son herramientas producidas por grandes centros de conocimiento, ubicados en países del Norte global (Miguel, 2017a). Crear un modelo de este tipo implica una inmensa cantidad de recursos. Cotidianamente, los científicos desarrollan y utilizan modelos más simples para estudiar el clima. Los MCG son buenos prediciendo variaciones regionales a grandes escalas, pero su precisión disminuye al abordar porciones más pequeñas de la atmósfera o al representar condiciones locales de determinados territorios. Por esto resulta necesario complementar instrumentos de distintas complejidades (Shackley et al., 1998).

La modelación representa el mundo como un sistema cerrado, pero de todas formas depende de elementos externos para funcionar –los “parámetros”, que permiten ajustar el modelo a realidades locales y más concretas–. Los parámetros son representaciones matemáticas de fenómenos que juegan un rol en la dinámica de la atmósfera, pero que por su escala o por falta de conocimiento sobre su dinámica ingresan al modelo como cajas negras. En el estudio actual del clima, la parametrización

es un importante punto de encuentro entre disciplinas. Ciencias que estudian fenómenos relacionados con el clima, como la dinámica del océano, pueden aportar a la modelación con datos para alimentar y refinar los modelos (Sundberg, 2007).

Un buen modelo puede ser una representación útil para guiar futuros estudios, sin aspirar a ofrecer evidencias definitivas sobre un fenómeno (Oreskes et al., 1994). No obstante, trabajar con modelos y simulaciones se puede considerar una forma de experimentación como cualquier otra y sus resultados corresponden a datos empíricos del mundo real (Norton & Suppe, 2001). Los modelos contribuyen a la organización del conocimiento y a la integración de comunidades científicas y no científicas en torno a problemas de orden público y global. Más que producir datos duros, su rol es actuar como conectores (Petersen, 2006) entre espacios locales y entre actores relevantes en las discusiones sobre cambio climático.

Ya caracterizado el uso de representaciones del clima, la siguiente sección analiza el rol de estas imágenes en el espacio local de Chile a partir de observaciones etnográficas realizadas por uno de los autores de este artículo.

Dispositivos de anticipación

Lo primero que noté al aproximarme a las ciencias del clima fue la enorme cantidad de imágenes que circulan cotidianamente por sus redes. Fui a charlas, clases, seminarios y congresos. Entrevisté a investigadores y vi videos educativos. Revisé documentos científicos, institucionales y dirigidos al público general. También páginas web y revistas

especializadas. En cada uno de estos espacios, me sorprendió la inmensa cantidad de imágenes que se usan en el estudio del clima, lo que me produjo una sensación de saturación. Este atiborramiento puede describirse, por un lado, como el impacto producido por una enorme cantidad de información que, en muchos casos, es parcialmente ilegible desde la perspectiva del público lego. Por el otro, a pesar de la multiplicidad y heterogeneidad de las imágenes, fui capaz de percibir el discurso común que las unía. Las y los integrantes del (CR)² fueron muy hábiles en componer un único objeto homogéneo —el cambio climático— a partir de una multiplicidad de perspectivas sobre objetos diversos (Mol, 2002).

Mi primer encuentro con un climatólogo ocurrió a mediados de 2019. Juan Pablo es uno de los investigadores asociados del (CR)². Realizó su doctorado en Francia y desde su retorno a Chile se dedica a estudiar las manifestaciones del cambio climático en el clima local, principalmente las transformaciones en el régimen de precipitaciones de las zonas centro y sur del país. Además de ser investigador del (CR)², Juan Pablo realiza clases a estudiantes de ciencias físicas e ingeniería. La entrevista ocurrió en una oficina compartida, en la universidad donde Juan Pablo trabaja. En la oficina había un par de monitores, un estante con dispositivos de distintas formas y tamaños, y archivadores. Juan Pablo tenía su MacBook conectado a un monitor y parecía estar analizando datos. La pantalla del computador portátil mostraba una tabla con datos, mientras que el monitor tenía un mapa.

La conversación se centró principalmente en los aspectos cotidianos del estudio del clima. Qué dispositivos usaba, de dónde provenían

sus datos, cómo era un día normal. El computador fue uno de los temas que más salió en la conversación. Ante la pregunta de “si pudiera observar tu trabajo por un día, ¿qué crees que vería?”, su respuesta natural fue “me verías trabajando en un computador”. En medio de la conversación, Juan Pablo mencionó un conjunto de dispositivos virtuales elaborados por el (CR)². Eran tres herramientas de visualización de datos del clima, disponibles en internet para todo público (ver Ilustración 1). Al notar la curiosidad que despertó su comentario, Juan Pablo se acercó a su MacBook y proyectó estos dispositivos, uno tras otro, en el monitor. Accedió a ellos mediante la página web del (CR)² haciendo *click* en una pestaña etiquetada “plataformas de simulaciones climáticas”.

Cada una de estas herramientas es distinta, pero comparten una estructura similar. La interfaz presenta un mapa de Sudamérica, centrado en Chile. Sobre el mapa hay marcadores, como círculos de distintos colores y tamaños. También hay gráficos, líneas de tiempo y matrices de datos, representaciones que complementan y hacen legible lo que aparece en el mapa. Por último, hay un conjunto de controladores para las distintas variables. Al cambiar números, posiciones o seleccionando distintas opciones predeterminadas, el mapa reacciona, mostrando las variables climáticas y sus transformaciones. Un aspecto relevante de estas herramientas es que fueron diseñadas pensando en una diversidad de usuarios, tanto fuera como dentro de las ciencias del clima. La presentación de la información en las plataformas intenta ser accesible para un público amplio.

La primera plataforma que me mostró Juan Pablo permitía ver el pasado. Sobre el mapa aparecían puntos de colores y tamaños distintos.

Te muestra cómo fue, por ejemplo, el año pasado. Uno puede ver qué es lo que ocurrió en los últimos diez años. La mega sequía, uno hace ahí un promedio del 2010 al 2018, por ejemplo, y ahí te muestra lo que es la mega sequía, te fijas [muestra un mapa geográfico de Chile, con varios puntos muy dispersos]. Todos estos puntos naranjitos quieren decir que ha llovido menos de lo normal. (Juan Pablo, climatólogo)

En aquella oportunidad, Juan Pablo visualizó datos sobre precipitaciones históricas para el centro y sur de Chile, desde 1985 hasta 2019. A medida que se desplazaba por una línea de tiempo, los puntos cambiaban de tamaño y color. Juan Pablo se detuvo varias veces para enfatizar momentos en que la escasez hídrica de Chile era más notoria —tendencia que, claramente, se iba acentuando con el paso del tiempo—.

La segunda herramienta permitía ver el presente. En la pantalla observamos lo que sucedía en las estaciones de monitoreo conectadas a este sistema, con un desfase máximo de una hora. Juan Pablo fijó el cursor del computador en Chiloé y seleccionó la variable “precipitaciones”. En ese momento no llovía, pero el climatólogo mencionó que, si hubiera llovido, lo habiéramos visto.

[Proyecta la herramienta en una pantalla conectada a su computador personal.] Ahí estamos viendo la precipitación de las últimas tres horas, que no muestra nada muy particular en el centro de Chile y al parecer tampoco en el sur está pasando mucho. Está todo medio en gris, pero seguramente si le damos más horas, una acumulación más larga, probablemente va a aparecer algo en el sur, a menos que no haya llovido en los últimos tres días. (Juan Pablo, climatólogo)

Esta forma de aproximarse a la atmósfera, desde una perspectiva distante e inmediata, simula la posición de un observador global que se encuentra flotando sobre el planeta.

La observación del clima mediante simulaciones y satélites podría caracterizarse como un oligóptico (Latour, 2005), es decir, como un punto de observación privilegiado que permite construir una imagen robusta de la totalidad de un objeto, pero que es simultáneamente frágil, porque depende de un extenso conjunto de mediadores para su construcción. Un oligóptico podría ser un laboratorio, por ejemplo. En el caso de las ciencias del clima en Chile, un punto de observación con estas características corresponde a los computadores en los que se almacenan, producen y visualizan los resultados de los modelos.

La última plataforma climática era, a mi parecer, la más interesante, porque su finalidad era ver el futuro. Era un simulador climático que permitía representar el comportamiento de un conjunto de variables en un período de tiempo —por ejemplo, entre 2020 y 2050—. Para esto, el simulador contaba con un conjunto de escenarios predefinidos. Cada escenario, explicó Juan Pablo, implica supuestos sobre el comportamiento del clima y factores antrópicos, como la emisión de gases de efecto invernadero, crecimiento económico y ritmos de consumo. Juan Pablo escogió un escenario, que denominó “*business as usual*”, uno de los más pesimistas, y representó la temperatura para los siguientes 30 años. Como indica su nombre, este escenario muestra cómo cambiaría el clima si los niveles de consumo y el sistema productivo se mantienen al ritmo actual —de 2019—. Varias zonas del mapa se iluminaron con tonalidades cálidas, como amarillo y rojo. Esto indicó que, bajo las condiciones previstas, el aumento en la temperatura media global sería considerable.

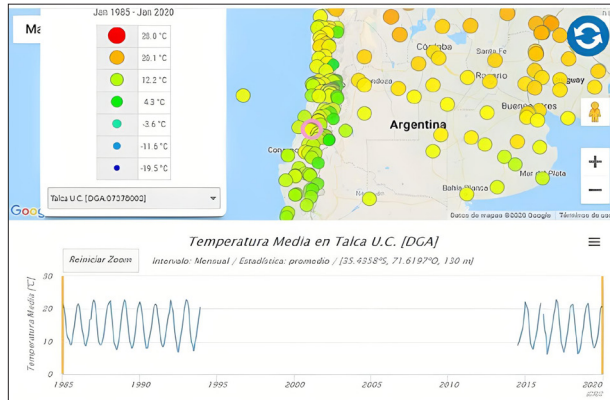
Entonces, vimos que hay una plataforma que te permite ver el pasado, hay una que te permite ver el presente y otra plataforma que te permite ver el futuro.

Y esta plataforma, lo que hace básicamente es reunir una gran cantidad de datos de modelos de clima y permite visualizarlos también en forma de mapa. Acá uno puede ver múltiples variables, porque los modelos tienen todas las variables que integra el modelo. Y permite ver escenarios climáticos a mediano o largo plazo, distintas variables, uno puede elegir lugares. Acá estamos viendo un mapa de cambio de temperatura, por ejemplo, para un bajo escenario socioeconómico, el RCP8.5, para el período futuro cercano, 2020-2040. (Juan Pablo, climatólogo)

Los escenarios a los que hizo referencia Juan Pablo corresponden a las trayectorias de concentración representativas (RCP, por su sigla en inglés), elaboradas por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). Para este organismo, las emisiones

antropogénicas de gases de efecto invernadero dependen de factores sociales, como el tamaño de la población, la actividad económica, los estilos de vida, el consumo energético, el uso de suelo, la tecnología disponible y la política climática. Los RCP combinan las variables antes mencionadas y permiten proyectar cómo podría cambiar la concentración de gases de efecto invernadero durante el siglo XXI y las consecuencias que esto podría tener a nivel global. Los escenarios van desde perspectivas optimistas – la mitigación del cambio climático se logra y el aumento en el promedio global de temperatura se mantiene bajo 2 °C– pasando por niveles medios de emisión, hasta escenarios pesimistas como el descrito anteriormente.

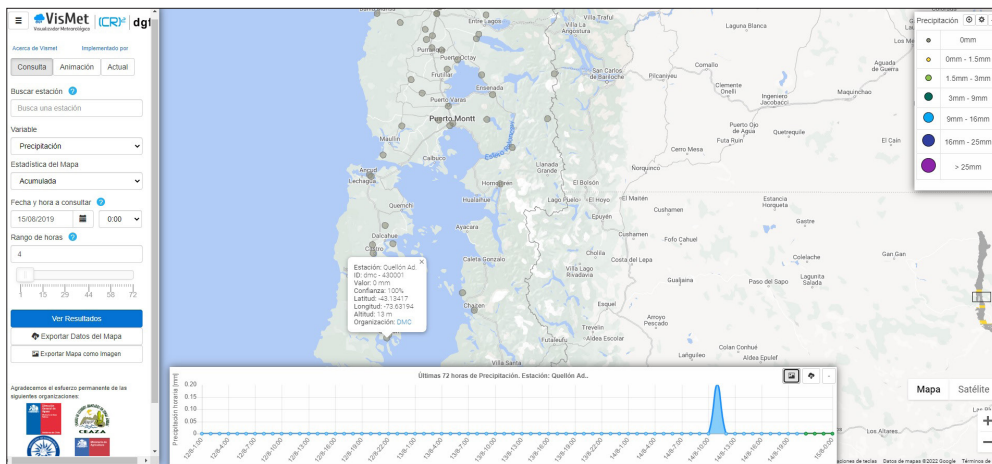
Ilustración 1. Las plataformas del tiempo



Desde arriba hacia abajo:

La plataforma del pasado: herramienta que permite visualizar datos históricos de distintas variables sobre un mapa de Chile y parte de Sudamérica. En el ejemplo, se muestran los promedios de temperatura para Talca en los últimos 20 años.

La plataforma del presente: permite ver en tiempo real lo que sucede en las estaciones de monitoreo conectadas con el sistema.



En el ejemplo, se aprecian las lluvias registradas en la estación Castro 2, Chiloé.

La plataforma del futuro: herramienta que permite visualizar el comportamiento de distintas variables en determinados plazos temporales y según ciertos escenarios preconfigurados. En este caso, se visualizan las temperaturas promedio para Sudamérica para los próximos 30 años, considerando un escenario *business as usual*.

Fuente: capturas de pantalla tomadas por el autor en plataformas de simulación, disponibles en la web del (CR)².

A medida que desarrollaba su explicación, las plataformas de simulación permitieron a Juan Pablo construir una narrativa temporal sobre las causas y los efectos del cambio climático. Sin estos dispositivos visuales, producir una imagen coherente sobre los cambios en la atmósfera hubiera sido mucho más difícil. Los dispositivos hicieron evidentes las transformaciones en el planeta, como si estas estuvieran a la mano. Las plataformas del pasado y del presente se nutren de datos empíricos, recolectados por una red de estaciones de monitoreo a lo largo de Chile. Al referirse al pasado, Juan Pablo daba cuenta de un período mucho más estable y con más lluvia. Era un momento conocido y seguro. El presente, por su parte, parece un período crítico. Aún hay lluvias, pero la sequía es evidente en los mapas. Todo esto preparaba el escenario para la plataforma final. El simulador climático reafirmó la tendencia construida por las otras herramientas, anticipando un clima mucho más seco y árido.

Aunque se concentran en aspectos del clima local, los dispositivos de visualización reproducen una perspectiva global y completa. Esta forma de imaginar el territorio puede contrastar con las dificultades relacionadas con la producción de los datos que alimentan los modelos y otras herramientas. Por ejemplo, a nivel regional existen lugares con importantes lagunas respecto a datos de los climas locales (Hidalgo, 2018). En el caso de Chile, aún faltan estaciones de monitoreo en muchos lugares. Mauricio, investigador interesado en estudiar la sequía en Chile, comenta los problemas para producir datos por la carencia de instrumentos de observación:

Para poder trabajar con sequía uno de los desafíos principales que tenía Chile es la ausencia de buenas estimaciones de precipitación, porque tenemos esta-

ciones que son pocas. No hay estaciones en la Alta Cordillera. Esa era una limitación para hacer cualquier evaluación sobre variabilidad espacial y temporal de sequía. (Mauricio, investigador)

Estas condiciones difieren de las que se podría encontrar en los países que producen los dispositivos de modelación más complejos. En la siguiente sección, describimos el uso y la producción de modelos del clima en Chile.

El uso de los modelos en lo local

Como mencionamos en párrafos anteriores, una herramienta central en el estudio del clima son los modelos de circulación global (MCG) desarrollados por grandes centros dedicados al estudio del cambio climático. La producción de este tipo de instrumentos requiere una inmensa cantidad de recursos. Juan Pablo comentó su experiencia con este tipo de herramientas cuando trabajaba en un centro de investigación en Europa:

[...] en ese laboratorio se desarrolla la componente continental del modelo de clima francés. En un laboratorio había 300 personas y era un componente no más. Entonces yo te diría que detrás de un modelo moderno la cantidad de gente que ha contribuido en su desarrollo son miles. (Juan Pablo, climatólogo)

La efectividad de los modelos para actuar como mediadores depende de su *quasi* autonomía (Knuutila & Voutilainen, 2003; Merz, 2006; Morrison & Morgan, 1999). Estos dispositivos parecen tener una existencia que trasciende a sus creadores humanos y el contexto en que fueron creados. Esta aparente independencia los reviste de un aura de objetividad. No obstante, son instrumentos que

deben ser alimentados constantemente con datos producidos por investigadores, quienes, a su vez, utilizan otros instrumentos de observación y modelación. Juan Pablo ilustra esta propiedad de los modelos metafóricamente como un árbol. El modelo tiene un tronco, que permanece por cuenta propia y es alimentado con datos y nuevos componentes, haciendo que este crezca y se desarrolle:

Los científicos, por su lado, están trabajando en algo muy específico de una componente de un modelo. El desarrollo, ciencia pura. Y van incorporando ese desarrollo a una versión que tienen del modelo. En un momento, ese desarrollo que hizo la gente decide incorporarlo a lo que llaman “el tronco”. Este modelo que todo el mundo usa. Ahí tiene el ingeniero que agarrar esta cuestión y meterla en el tronco. Así funciona un poco el desarrollo del modelo. Para cambiar una parte de cómo responde la vegetación a un cambio en la radiación, son tesis enteras. Tesis de doctorado. Y después, si son efectivas estas tesis, se incorporan a este tronco. A la versión oficial del modelo. (Juan Pablo, climatólogo)

Los modelos dependen de factores externos para su funcionamiento, que usualmente son ingresados como parámetros. Para utilizar estos modelos globales en Chile, se deben realizar procesos de regionalización para ajustarlos a las particularidades locales. Parte de la labor de quienes trabajan en países del Sur global consiste en producir datos que mejoren la precisión de los modelos globales, especialmente en relación con la representación de contextos locales (Connell et al., 2016). Los MCG son buenos representando fenómenos a gran escala, pero tienden a ser menos precisos al observar regiones más pequeñas. En el caso de Chile, dos componentes con estas características son la cordillera y el océano. Ambos cumplen roles relevantes en la modulación del clima local,

pero su representación en herramientas de simulación compleja suele ser poco precisa.

El (CR)² no ha desarrollado ni busca desarrollar sus propios MCG. Sus integrantes cuentan con recursos para utilizar modelos de este tipo, pero no para crear uno. Esta condición es común en el Sur global. Salvo excepciones —como Brasil e India— la mayor parte de los países que desarrollan modelos más complejos y con alcance global se encuentran en el Norte (Mahoney & Hulme, 2018). Los modelos desarrollados en Chile son más simples y buscan representar características específicas del territorio nacional o de una región.

Por ejemplo, Juan Pablo desarrolló un modelo específico para simular las precipitaciones en el Chile continental:

Estas [la producción de MCG] son cosas que en general no tienden a ocurrir mucho acá. Nosotros no tenemos desarrollo de modelos complejos como los MCG, no tenemos un modelo (CR)², por ejemplo. Tenemos cosas mucho más sencillas. Yo desarrollo un modelo de precipitación y temperatura para Chile. (Juan Pablo, climatólogo)

El trabajo con dispositivos de visualización requiere que las y los investigadores tengan capacidades para producir, almacenar y analizar grandes cantidades de datos. En la sección siguiente, analizamos cómo la existencia (o la carencia) de datos y dispositivos afecta la forma de producción de conocimiento en este centro.

Modeladores y experimentales de terreno: los roles de las comunidades de ciencias del clima

A grandes rasgos, la literatura sobre ciencias del clima identifica roles especializados, relativamente bien definidos y a veces antagónicos,

al interior de las comunidades de climatólogos (Lahsen, 2005a; O'Reilly, 2016; Sundberg, 2006, 2007). Por un lado, los modeladores trabajan principalmente con simulaciones del clima. Por el otro, existen investigadores que trabajan recolectando datos en terreno. Es común que las y los especialistas en climatología se identifiquen con alguno de estos roles a partir de sus intereses y experiencia profesional. No obstante, la separación entre las formas de estudiar el clima no es rígida. Por ejemplo, Ramón, uno de los climatólogos con más experiencia del centro, describió de la siguiente manera la distribución del trabajo en las ciencias del clima:

Es muy variado. Por ejemplo, todos pasamos un buen tiempo frente al computador. Pero en lo que hacemos yo diría que lo mínimo, 1/3, tiene que ver con terreno, y 2/3 es con trabajo así de modelación computacional. Pero es lo mínimo. Hay otros que son todo lo contrario y pasan mucho más tiempo en el terreno. (Ramón, climatólogo)

Por tanto, la clasificación entre quienes trabajan con modelos y quienes realizan terreno corresponde a tipos ideales. Es usual que las y los investigadores tiendan a enfocarse más en un tipo de actividad, pero también hay quienes realizan ambas en distintas medidas.

Para quienes trabajan con modelos, las simulaciones del clima son imágenes objetivas de la realidad y sus resultados pueden considerarse experimentos en sí mismos. Desde este punto de vista, un modelo es tratado como si fuera un objeto y su representación simultáneamente. Quienes trabajan con modelos se refieren a sus datos como si fueran resultados de experimentos, pero reconocen que no son empíricos en el mismo sentido que los datos obtenidos empíricamente mediante instru-

mentos. Por ejemplo, Fabián, climatólogo, se refiere al rol preponderante que tienen los datos y la modelación en su trabajo:

[...] la mayoría de mis publicaciones, las últimas publicaciones, son usualmente computador y modelamiento. Yo tomo mediciones ya publicadas y hago algo de nuevo con esos datos y utilizo ese tipo de cosas como *input* para modelos. (Fabián, climatólogo)

Para esta forma de investigación, es relevante contar con bases de datos y sistemas de observación disponibles, dado que gran parte del trabajo consiste en procesar e interpretar información producida por varias personas. Juan Pablo se situó a sí mismo en el lado de los modeladores durante una entrevista, remarcando también el uso que hace de datos producidos por otras personas:

Yo no soy experimental. O sea, no soy experimental de terreno. Como es toda una rama gigante en la ciencia de la atmósfera y en el clima. Yo no voy a terreno a medir. Me gustaría hacerlo en el futuro, pero no tengo una parte de observación. Así que soy un usuario de datos. (Juan Pablo, climatólogo)

El segundo grupo, los “experimentales de terreno”, como los llama Juan Pablo, son quienes estudian el clima recogiendo datos mediante dispositivos de medición, como pluviómetros para medir las precipitaciones. Los datos obtenidos de esta manera tienen sus propias metodologías, pero también pueden ser utilizados para alimentar modelos.

Es posible identificar los aspectos centrales de estos dos grupos en el contexto chileno, pero es necesario hacer un par de acotaciones. Primero, las investigaciones que discuten los roles asociados al estudio del clima se han llevado a cabo en países del Norte global, en

centros representantes de la *Big Science*. En el Norte global, una separación más marcada en los roles al interior de la disciplina podría deberse a la alta competencia y exigencia de las comunidades, que lleva a una mayor especialización. En general, no se sabe mucho sobre el desarrollo de estas ciencias en países como Chile, donde el crecimiento de la disciplina es más incipiente.

Segundo, si bien estos roles están presentes en Chile, su definición es más borrosa que la descrita en otros contextos. Esto podría deberse a que en Chile la ciencia del clima se encuentra en proceso de formación. Algunos integrantes del (CR)² afirman que en el contexto local hay pocos expertos. “Todavía somos pocos. O sea, hemos doblado, triplicado el número, pero estamos debajo de 20 todavía, yo creo”, menciona Gabriela, climatóloga e investigadora del centro. En los últimos años han retornado cada vez más doctores especializados en ciencias del clima, pero el número aún es bajo en comparación con otras disciplinas o países.

En adición al pequeño número de especialistas, falta información sobre muchos aspectos del clima local —como el rol de la cordillera y el océano en su modulación—. Para Andrés, modelador del (CR)², en el contexto nacional se carece de muchos datos, porque la infraestructura para producir esta información aún está en desarrollo. Por este motivo, “muchas cosas estamos obligados a modelarlas o extrapolarlas o interpolarlas, suponerlas, porque no tenemos tanta riqueza de mediciones”.

Al haber pocos expertos, pocos datos y recursos limitados, quienes se encuentran trabajando en Chile deben adaptarse. Algunas personas se identifican más cerca del lado

de los modeladores, pero afirman que están esperando el momento adecuado para salir a terreno y poner dispositivos. Ante la carencia de datos para alimentar sus modelos, se ven en la obligación de ir personalmente a producir esta información. Guillermo, investigador especializado en ciencias atmosféricas, se refiere a esta situación de la siguiente manera:

Tuve que entrar en el mundo de las observaciones. Y en el FONDECYT que tengo ahora también estoy comprando dos instrumentos para tomar datos que no existen, que necesito datos que son relevantes para el proyecto que estoy desarrollando. Tengo que generar esos datos, tengo que medirlo. Sigo creyendo que soy más modelador que observaciones, pero he tenido que pasar para el otro lado, por decirlo así, y tomar mediciones. (Guillermo, climatólogo)

Guillermo se identifica como un modelador, pero por la carencia de datos y la falta de infraestructura decide salir de su área para producir la información que necesita. Para ello, debe invertir parte de su tiempo y fondos de sus proyectos de investigación. En caso de estar en un centro de investigación del Norte global, donde una parte de las y los investigadores chilenos han realizado sus doctorados, lo descrito anteriormente no sería un problema. Ante la necesidad de determinada información, sería posible buscar en una base de datos o hacer una alianza con un colega que trabaje con mediciones empíricas.

El ejemplo de Guillermo permite observar una característica saliente de la producción científica en Chile. Shackley (2001) ha caracterizado la cultura de algunos centros dedicados al estudio del cambio climático: mientras que la cultura de investigación en Estados Unidos es competitiva y antagónica, en Europa es mucho más sencillo producir consenso al interior de

las comunidades científicas. En el caso de Chile, la cultura podría caracterizarse por lo inacabado del conocimiento sobre lo local: siempre falta algo.

No es que no exista conocimiento o especialistas calificados. Más bien, lo que existe actualmente no es suficiente y marca un horizonte que moviliza la investigación. Esta noción podría acercarse parcialmente a lo que Ureta (2020) describe como “ciencia de la ruina”, al investigar un laboratorio de ciencias ambientales en Chile. Es usual que en contextos periféricos las condiciones de investigación difieran de los estándares de los centros globales del conocimiento. Ante la falta de materiales, instrumentos o condiciones laborales, las y los investigadores y sus entornos se deben adaptar, buscando formas creativas para continuar con sus investigaciones.

Estas condiciones no son algo particular de los climatólogos ni de Chile. Por el contrario, son condiciones compartidas por varias disciplinas y países de la región (Vienni, 2016; Vessuri, 2014). Por ejemplo, Hidalgo (2018) muestra cómo la carencia de datos, personal capacitado y apoyo institucional dificulta la creación de redes de investigación regionales. En el caso del (CR)², algunos investigadores deben recurrir a herramientas generadas en países como China y Estados Unidos, que cuentan con sistemas de teledetección más robustos. Sin embargo, como menciona el siguiente entrevistado, estos dispositivos presentan errores cuando son aplicados a otros contextos.

Acá en Chile no hay nada. Nosotros ocupamos los mapas que se generan internacionalmente, pero que tienen un montón de errores. No están diseñados con datos entrenados con nuestros ecosistemas. Por ejemplo, los pinos de los eucaliptos no los separan, o los pinos del bosque nativo. (Marco, ingeniero agrónomo)

Una de las soluciones ante la falta de información sobre el territorio nacional es acceder a fuentes externas. Sin embargo, esta operación implica un riesgo. De forma similar a lo que sucede con los MCG que deben ser regionalizados, los mapas que menciona Marco pierden precisión al representar espacios locales.

Esta falta de conocimiento local no es percibida siempre como algo negativo. Abordar aspectos locales inexplorados puede ser una oportunidad para desarrollar carreras dentro y fuera de Chile, dado que es un conocimiento apreciado en otros contextos. Un entrevistado sintetizó lo anterior de la siguiente forma:

Hay mucho interés, en general, por todo lo que sea la particularidad del hemisferio sur: datos, modelos. Porque en el hemisferio norte hay más datos, hay más información. En el hemisferio sur siempre faltan. Entonces: Brasil, Chile, todos los estudios que se hacen en Argentina, son muy bien recibidos. (Arturo, modelador)

Sin embargo, las dificultades materiales, junto con las demandas por información nueva y relevante, son una presión constante para quienes trabajan en investigación académica:

No es trivial ganarse un FONDECYT y publicar es una tarea titánica. Porque tú luego de escribir tu manuscrito, que puede ser, ya, imagínate, lo sacaste en 6 meses, después viene todo el proceso de publicación. Hay que enviarlo a la revista, algunas te dirán que no, que es muy local. En otras entras en el proceso, y ese proceso puede tardar otros 6 meses. Yo diría que esos son los objetivos más duros: publicar y ganar proyectos. Y si no ganas proyectos, se hace difícil publicar; si no publicas, se hace difícil ganar proyectos. (Ricardo, climatólogo)

La idea misma de ciencia implica un proceso que no tiene un final determinado: el conocimiento es válido no porque es verdadero, sino

porque puede ser falseado (Popper, 1994). En consecuencia, la investigación tiene un horizonte potencialmente infinito. En la “cultura de lo inacabado”, a este impulso por completar conocimientos se suman constricciones materiales propias de regiones periféricas. Lejos de inhibir la investigación, estos factores movilizan a las comunidades locales a resolver sus problemas de manera creativa.

Por ejemplo, en la modelación climática, emergen desafíos respecto de la infraestructura material que permite realizar simulaciones. Los climatólogos chilenos tienen recursos digitales, pero con un menor acceso que en centros de investigación de países del Norte global. Un buen ejemplo es el caso de Guillermo, quien debió reducir parte de su investigación para acomodarla a las limitaciones de almacenamiento:

Tuvimos que reducirnos de 5 años a 5 inviernos por tema de espacio. Entonces, cada invierno que yo simulo las condiciones meteorológicas me generan 800 gigas, para un invierno. Y eso lo tienes que multiplicar por 5. Y después tengo como 2 TB que se me generan por las condiciones de concentración, por las salidas del modelo, como la evolución a la concentración. Entonces se generan como 2 o 3 TB por cada simulación, por cada año, eso múltiplo por cinco. Es mucho el volumen que se necesita y no tenemos ese volumen. Yo tengo que ir viendo cómo voy moviendo las cosas de un lado a otro y eso quita muchísimo tiempo que podría dedicarlo a otra cosa. (Guillermo, climatólogo)

Trabajar con modelos requiere equipos para almacenar un gran volumen de información. La cantidad limitada de espacio para almacenar sus datos hace que Guillermo deba adaptar sus prácticas, redistribuir su tiempo y encontrar espacios para guardar sus resultados.

Otra manifestación de la cultura de lo inacabado es que ciertas prácticas se deben producir desde lo más básico, dado que no existe una infraestructura previa –datos o instrumentos– que las sustente. A diferencia de la ruina –que podría conceptualizarse como la permanencia en el presente de pasados que no pueden ser abandonados (Dawdy, 2010; Edensor, 2005)– en este contexto la producción de conocimiento tiene una forma particular de apertura al futuro: constantemente es necesario llenar vacíos y generar información sobre aspectos previamente desconocidos del clima local. En muchos casos, la falta de información se compensa con creatividad e innovación. Por ejemplo, Matías, ingeniero agrónomo especializado en imágenes satelitales, comenta una de sus estrategias para continuar con su investigación y cómo es percibida en un contexto extranjero:

Lo que más valoraron, fue, justamente, tratar de explicarles que uno no necesita tener un sensor de 10 millones de dólares para poder publicar un *paper* bueno, de primer nivel. Les mostré ejemplos de cosas muy baratas que hacíamos nosotros, pero con creatividad, con la comprensión de los procesos. Si tú entiendes bien un proceso, y eso yo creo que en Chile somos muy buenos, tú puedes hacer ciencia de vanguardia con muy poco, pero tienes que tener las ideas claras y entender muy bien las teorías. (Matías, ingeniero agrónomo)

En el discurso de Matías, el ideal de una ciencia de vanguardia no se contradice totalmente con las condiciones materiales locales. Su estrategia es valorada como una forma de innovación con un bajo costo por parte de pares de otros contextos. Sin embargo, como menciona Matías, este tipo de avance requiere un conocimiento muy detallado de los espacios locales y las herramientas disponibles.

Conclusión

En este artículo mostramos cómo se produce conocimiento sobre el cambio climático en el contexto local de Chile. Tal como se ha observado en otros países del Sur global (Collyer et al., 2019; Connell et al., 2017a), las y los investigadores de Chile participan de una infraestructura global de conocimiento mediante la producción de información específica de sus espacios locales. En relación con la circulación global del conocimiento, diversos autores han remarcado las múltiples formas de dependencia que existen entre los países del Sur global respecto del conocimiento producido en el Norte (Connell, 2018; Connell et al., 2017a). El estudio del cambio climático podría replicar parte de esta estructura. Por ejemplo, la proporción de participantes del Norte y Sur global en el IPCC es muy desigual, aunque esta tendencia ha ido cambiando en los últimos informes (Standring & Lidskog, 2021). En particular, los modelos creados en el Norte tienden a representar mucho mejor el hemisferio norte del planeta. Por ello, parte de las labores de los climatólogos en las periferias es proporcionar datos y crear herramientas específicas para sus espacios locales (Connell et al., 2016).

Esta tendencia se reproduce parcialmente en el caso de Chile. Desde la perspectiva de los países del Norte global, el mundo es representado como un todo, una esfera flotando en el espacio (Jasanoff, 2001). Los climatólogos locales pueden acceder a esta perspectiva y generar oligópticos (Latour, 2005) mediante dispositivos de visualización. No obstante, su observación se centra en una porción específica de la Tierra, como en el caso de las herramientas de simulación enfocadas en el territorio continental de Chile. Además, las y los integrantes del (CR)² logran situarse en

la infraestructura global del cambio climático y producir un conocimiento valioso para los intereses nacionales y con repercusión internacional. Varios miembros del centro participan en organismos internacionales como el IPCC, y el centro tuvo un rol relevante en la organización de la COP25 en 2019.

Esta imagen de ciencia completa y vanguardista contrasta con las condiciones materiales en que se produce conocimiento. La eficacia simbólica de la cultura de lo inacabado radica en este doble movimiento: un conjunto de prácticas materialmente inestables que al mismo tiempo son capaces de proyectar una imagen de estabilidad. En el caso estudiado, son los arreglos locales de las prácticas científicas lo que hace posible la participación de las comunidades locales en una comunidad internacional más amplia —e.g. modelar y extrapolar datos que no existen; cambiar de modelación a terreno para generar datos faltantes— y la creación de formas novedosas, pero más demandantes en términos de conocimiento y esfuerzo, para continuar las investigaciones.

El (CR)² mantiene viva una imagen de ciencia moderna. En este sentido, puede no ser totalmente representativa de la gran variedad de condiciones en que se genera conocimiento en Chile y Latinoamérica. No obstante, las condiciones institucionales de producir ciencia desde las periferias se filtran en sus prácticas cotidianas. La cultura de lo inacabado aparece como una condición estructural, que moviliza la investigación hacia llenar espacios vacíos. Incluso en un centro reconocido y de gran impacto a nivel nacional, estos factores estructurales tienen efectos en la identidad y la organización de quienes investigan. La falta de infraestructura no se trata de una carencia absoluta, pero sí representa un desafío que

debe ser superado creativamente. Un aspecto que puede sintetizar esta condición híbrida entre vida local y pertenencia global es que incluso en las prácticas más abstractas y desterritorializadas —las simulaciones climáticas— los investigadores deben lidiar con lo que significa hacer ciencia desde Chile.

Podríamos aventurar, como hipótesis preliminar para motivar futuros análisis en Chile y otros países de las periferias globales del conocimiento, que la cultura de lo inacabado no parece tratarse de un rasgo exclusivo del caso analizado. Más bien, podría ser una consecuencia inesperada de proyectos de modernización acelerada. A pesar de sus evidentes carencias en infraestructura, personal capacitado, instrumentos y condiciones laborales, muchos países como Chile compiten por posicionarse

internacionalmente. La presión de modernización sobre la ciencia en el Sur global puede parecer eficiente en relación con los resultados que se logran con pocos recursos. No obstante, es una forma de trabajo que difícilmente se puede sustentar en el mediano y largo plazo si no se asumen los costos ocultos bajo el velo de la excelencia.

Agradecimientos: Agradecemos a las(os) investigadoras(es) del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, quienes hicieron posible esta investigación, especialmente a Juan Pablo Boisier. También agradecemos a Juan Manuel Garrido y Juan Felipe Espinosa, cuyos comentarios ayudaron a mejorar significativamente este artículo.

Notas

¹ Entre las áreas prioritarias de investigación definidas por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) se encuentran

el conflicto y la cohesión social, los desastres sicionaturales, el desarrollo urbano sustentable y el cambio climáticos, entre otros.

Referencias bibliográficas

- Alatas, S.** (2003). Academic dependency and the global division of labour in the social sciences. *Current Sociology*, 51(6), 599–613. <https://doi.org/10.1177/00113921030516003>
- Beigel, F.** (2013). Introduction: The politics of academic autonomy in Latin America. En F. Beigel (Ed.), *The politics of academic autonomy in Latin America* (pp. 1-27). Farnham: Ashgate.
- _____ (2014). Publishing from the periphery: Structural heterogeneity and segmented circuits: The evaluation of scientific publications for tenure in Argentina's CONICET. *Current Sociology*, 62(5), 743-765. <https://doi.org/10.1177/0011392114533977>
- Bernasconi, A.** (2015). *La educación superior en Chile: Transformación, desarrollo y crisis*. Santiago: Universidad Católica de Chile.
- Collyer, F., Connell, R., Maia, J. & Morrel, R.** (2019). The new domains of knowledge. En F. Collyer et al., *Knowledge and global Power: Making new sciences in the South* (pp. 23-53). Monash:

Monash University Publishing.

- Connell, R.** (2018). Intellectuals and the Global South. *Social Affairs*, 1(9), 1-13.
- Connell, R., Collyer, F., Maia, J. & Morrell, R.** (2016). Toward a global sociology of knowledge: Post-colonial realities and intellectual practices. *International Sociology*, 1-17. <https://doi.org/10.1177/0268580916676913>
- Connell, R., Pearse, R., Collyer, F., Maia, J. & Morrel, R.** (2017a). Negotiating with the North: How Southern-tier intellectual workers deal with the global economy of knowledge. *The Sociological Review*, 1-17. <https://doi.org/10.1177/0038026117705038>
- _____ (2017b). Re-making the global economy of knowledge: Do new fields of research change the structure of North–South relations? *British Journal of Sociology*, 69(3), 738-757. <https://doi.org/10.1111/1468-4446.12294>
- CONICYT** (2014). Bases sexto concurso nacional de centros

en investigación en áreas prioritarias-FONDAP. Gobierno de Chile, Santiago.

_____. (2017). FONDAP: Final Report: First five-year period: Centre for Climate and resilience Research. Gobierno de Chile, Santiago.

Dawdy, S. (2010). Clockpunk anthropology and the ruins of modernity. *Current Anthropology*, 51(6), 761-793. <https://doi.org/10.1086/657626>.

Edensor, T. (2005). The ghosts of industrial ruins: Ordering and disordering memory in excessive space. *Environment and Planning D: Society and Space*, 23, 829-849. <https://doi.org/10.1068/d58j>

Edwards, P. (2010). Introduction. En P. Edwards, *A vast machine: computer models, climate data, and the politics of global warming* (pp. xiii-xvii). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Fardella, C. (2020). Abrir la jaula de oro: La universidad managerial y sus sujetos. *Izquierdas*, 49, 2299-2320.

Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S. & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. Londres: Sage.

Grundmann, R. (2013). "Climategate" and the scientific ethos. *Science, Technology, & Human Values*, 38(1), 67-93. <https://doi.org/10.1177/0162243911432318>

Hastrup, K. (2014). Introduction: anticipating nature. En K. Hastrup & M. Skrydstrup (Eds.), *The social life of climate change models: Anticipating nature* (pp. 1-29). Londres: Routledge

Hidalgo, C. (2018). El giro colaborativo en las ciencias del clima: Obstáculos para la provisión de servicios climáticos en Sudamérica y cómo superarlos. En C. Hidalgo, B. Vienni & C. Simón (Eds.), *Encrucijadas interdisciplinarias* (pp. 17-30). Buenos Aires: CICCUS, CLACSO

International Panel on Climate Change (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: Global and sectoral aspects: Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Jasanoff, S. (2001). Image and imagination: The formation of global environmental consciousness. En C. Miller & P. Edwards (Eds.), *Changing the atmosphere: Expert knowledge and environmental governance* (pp. 309-337). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Knuutila, T. & Voutilainen, A. (2003). A parser as an epistemic artifact. *Philosophy of Science*, 70(5), 1484-1495. <https://doi.org/10.1086/377424>.

Lahsen, M. (2002). Brazilian climate epistemes' multiple epistemes: An exploration of shared meanings, diverse identities and geopolitics in global change science. Belfer Center for Science and International Affairs (BCSIA), Discussion Paper 2002-01.

_____. (2005a). Seductive simulations?: Uncertainty distribution around climate models. *Social Studies of Science*, 35(6), 895-922. <https://doi.org/10.1177/0306312705053049>

_____. (2005b). Technocracy, democracy, and U.S. climate politics: The need for demarcations. *Science, Technology, & Human Values*, 30(1), 137-169. <https://doi.org/10.1177/0162243904270710>

_____. (2009). A science-policy interface in the global south: The politics of carbon sinks and science in Brazil. *Climatic Change*, 97, 339-372. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9610-6>

Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Nueva York: Oxford University Press.

Mahoney, M. & Hulme, M. (2018). Epistemic geographies of climate change: Science, space and politics. *Progress in Human Geography*, 42(3), 395-424. doi: 10.1177/0309132516681485. <https://doi.org/10.1177/0309132516681485>.

Marcus, G. (1995). Ethnography in/of the world system: The emergence of multisited ethnography. *Annual Review of Anthropology*, 24, 95-117. <https://doi.org/10.1146/annurev.an.24.100195.000523>

Merz, M. (2006). Locating the dry lab on the lab map. En Lenhard, J., Küppers, G. & Shinn, T. (Eds.), *Simulation: Pragmatic construction of reality* (pp. 155-172). Nueva York: Springer.

Miguel, J. (2017a). Políticas e infraestruturas das ciências atmosféricas: Um estudo social da modelagem climática no INPE. Universidade Estadual de Campinas.

_____. (2017b). The technopolitics of climate change: Climate models, geopolitics, and governmentality. *História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, 24(4), 269-287. <https://doi.org/10.1590/s0104-59702017000200001>

Mol, A. (2002). *The body multiple: Ontology in medical practice*. Londres: Duke University Press.

Morrison, M. & Morgan, M. (1999). Introduction. En M. Morgan & M. Morrison (Eds.), *Models as mediators: Perspectives on natural and social sciences* (pp. 1-9). Cambridge: Cambridge University Press.

Morton, T. (2013). *Hyperobjects: Philosophy and ecology after the end of the world*. Minnesota: University of Minnesota Press.

Norton, S. & Suppe, F. (2001). Why atmospheric modeling is good science? En C. Miller & P. Edwards (Eds.), *Changing the atmosphere: Expert knowledge and environmental governance* (pp. 67-105). Cambridge, Massachusetts: The MIT press.

Nowotny, H., Scott, P. & Gibbons, M. (2001). *Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty*. Cambridge: Polity Press.

O'Reilly, J. (2016). Sensing the ice: Field science, models, and expert intimacy with knowledge. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 22(51), 27-45. <https://doi.org/10.1111/1467-9655.12392>.

Oreskes, N. (2014). The scientific consensus on climate change: How do we know we're not wrong? En J. DiMento & P. Doughman (Eds.), *Climate change: What it means for us, our children, and our grandchildren* (pp. 105-148). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Oreskes, N., Shrader-Frechette, K. & Belitz, K. (1994). Verification, validation, and confirmation of numerical models in the earth sciences. *Science. New Series*, 263(5147), 641-646. <https://doi.org/10.1126/science.263.5147.641>.

Petersen, A. (2006). Simulation uncertainty and the challenge of postnormal science. En Lenhard, J., Küppers, G. & Shinn, T. (Eds.), *Simulation: Pragmatic construction of Reality* (pp.173-185). Nueva York: Springer.

- Popper, K.** (1994). La reducción científica y el estado incompleto esencial de la ciencia. En K. Popper, *La responsabilidad de vivir: Escritos sobre política, historia y conocimiento* (pp. 43-79). Barcelona: Paidós.
- Rodríguez, L.** (2014). *Centers and peripheries in knowledge production*. Londres: Routledge.
- Schinkel, W.** (2016). Making climates comparable: Comparison in paleoclimatology. *Social Studies of Science*, 46(3), 374-395. <https://doi.org/10.1177/0306312716633537>
- Shackley, S.** (2001). Epistemic lifestyles in climate change modeling. En C. A. Miller & P. N. Edwards (Eds.), *Changing the atmosphere: Expert knowledge and environmental governance* (pp. 107-133). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Shackley, S., Young, P., Parkinson, S. & Wynne, B.** (1998). Uncertainty, complexity and concepts of good science in climate change modelling: Are gcms the best tools? *Climatic Change*, 38, 159-205. <https://doi.org/10.1023/A:1005310109968>.
- Stranding, A. & Lidskog, R.** (2021). (How) does diversity still matter for the IPCC? *Instrumental, Substantive and Co-Productive Logics of Diversity in Global Environmental Assessments*. *Climate*, 9(99). <https://doi.org/10.3390/cli9060099>
- Sundberg, M.** (2006). Credulous modellers and suspicious experimentalists?: Comparison of model output and data in meteorological simulation modelling. *Science Studies*, 19, 52-68. <https://doi.org/10.23987/sts.55202>.
- _____ (2007). Parameterizations as boundary objects on the climate arena. *Social Studies of Science*, 37(3), 473-488. <https://doi.org/10.1177/0306312706075330>.
- Tsing, A.** (2004). *Friction: An ethnography of global connection*. Princeton: Princeton University Press.
- Ureta, S.** (2020). Ruination science: Producing knowledge from a toxic world. *Science, Technology, & Human Values*, XX(X), 1-24. <https://doi.org/10.1177/0162243919900957>.
- Van der Sluijs, J., Van Eijndhoven, J., Shackley, S. & Wynne, B.** (1998). Anchoring devices in science for policy: The case of consensus around climate sensitivity. *Social Studies of Science*, 28(2), 291-323. <https://doi.org/10.1177/030631298028002004>.
- Vessuri, H.** (2007). "O inventamos o erramos": *La ciencia como idea-fuerza en América Latina*. Quilmes: Editorial Universidad Nacional de Quilmes.
- _____ (2014). Global social science discourse: A Southern perspective on the world. *Current Sociology Monograph*, 63(2), 297-313. doi: 10.1177/0011392114556595.
- Vienni, B.** (2016). Interdisciplinarity in Latin America: Building dialogue through regionalism: Introduction. *Issues in Interdisciplinary Studies*, 34, 109-121.
- Yearly, S.** (1999). Computer models and the public's understanding of science: A case-study analysis. *Social Studies of Science*, 29, 845-866. <https://doi.org/10.1177/030631299029006002>.