

(CR)²

Center for Climate
and Resilience Research
www.CR2.cl

MEMORIA 2013 - 2017



UNIVERSIDAD
DE CHILE

PATROCINA



UNIVERSIDAD
DE CONCEPCIÓN

INSTITUCIONES ASOCIADAS



UNIVERSIDAD
AUSTRAL DE CHILE



CONICYT
Ministerio de Educación

FINANCIA

Editorial	3
¿Qué es el (CR)2?	5
Orígenes	8
Organización	9
Organigrama.....	12
Investigadores.....	13
Publicaciones.....	15
Líneas de Investigación	19
Biogeoquímica.....	21
Dinámica del clima	22
Dimensión humana	23
Modelación y sistemas de observación	24
Servicios ecosistémicos	25
Infraestructura Habilitante	27
Instrumentos	29
Plataforma de Observación del Sistema Acoplado Océano Atmósfera (Posar)	30
Explorador climático.....	31
Bases de datos.....	32
Recursos computacionales	32
Redes de Colaboración	33
Logros de Investigación	39
Informe a la nación: La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro.....	41
Propuesta de marco legal e institucional para abordar el cambio climático en Chile	42
Manifestaciones del Antropoceno en Chile	44
Comunicaciones y vinculación con el medio	45
Presencia en medios de comunicación.....	47
Divulgación científica	48
Equipo 2013-2017	51

Editora: Nicole Tondreau
Corrector: Miguelángel Sánchez
Traductora: Helen Conway
Diseñadora gráfica: María Giselle Ogaz



Laura Gallardo, directora del (CR)2: Investigando el clima y la resiliencia en la era del Antropoceno

Ya han transcurrido casi cuatro años y medio desde que partió el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, conocido como (CR)2. A principios de 2012, un pequeño grupo de mujeres y hombres apasionados por entender, pero distribuidos en diferentes lugares, con diversas especialidades y trayectorias, se dieron a la tarea de convencer sobre sus competencias y de la idea de hacer investigación interdisciplinaria en torno al clima y la resiliencia en Chile. Ese grupo, según cómo se cuente, se ha duplicado o triplicado desde entonces y, con ello, ha aumentado el convencimiento y la buena ambición de hacer más. Hemos ido construyendo juntos un *ethos* de investigación disciplinar, interdisciplinar y a veces transdisciplinar para abordar los enormes desafíos de un clima cambiante y un socioecosistema a menudo vulnerable a esos cambios.

Por sobre los logros «contables» en publicaciones, proyectos, equipos de medición y trabajo, tesis concluidas y demás, el camino recorrido resulta de todos modos valioso. Hemos aprendido de la ciencia y los saberes de otros para enriquecer nuestras propias miradas, y quizás construir una mirada común. A veces nos hemos visto sobrepasados por la demanda urgente de conocimientos para las múltiples y difíciles preguntas que surgen respecto a cómo enfrentar una megasequía o los desafíos que nos propone el periodo que llamamos Antropoceno. Nuestros estudiantes y colaboradores más jóvenes han sido «conejiillos de Indias» que probaron puentes aún endeble entre saberes. También nos han transmitido su entusiasmo, nacido de soñar sin restricciones y, más de una vez, nos han empujado a cambiar paradigmas científicos y de los otros. Posiblemente, un camino a considerar en tiempos del Antropoceno.

Los desafíos de administrar recursos y personas bajo reglas no siempre afines a la buena ciencia siguen apareciendo. No obstante, el espíritu de servicio a Chile ha predominado por sobre las personas y las instituciones. En ello, el rol de nuestro equipo de apoyo ha sido jugado, entusiasta y crucial. También el de nuestras comunicadoras, quienes, además de exponernos a los medios, nos han enseñado a comunicar con mayor eficiencia nuestros conocimientos y preocupaciones. De nuevo, contar con un equipo de gente generosa ha sido fundamental.

Una enorme riqueza del (CR)2 ha sido el contar con el aporte desinteresado de destacados científicos provenientes de los cinco continentes quienes nos han brindado su enorme experiencia y sapiencia. De la misma forma, nuestro panel nacional, ha sido crucial en la contextualización e inserción de nuestra ciencia. Hemos aprendido de ellos acerca de los desafíos mayúsculos de la toma de decisiones.

Esta memoria resume e ilustra algunos de los hitos del camino recorrido. En ella hemos querido equilibrar logros de ciencia, extensión, formación e impacto. Nos sirve para aquilatar lo logrado y mejorar lo mejorable (¡Que lo hay!). Nos sirve para compartir la experiencia y mirar hacia adelante.



¿Qué es el (CR)2?

El (CR)2 es un centro de excelencia cuyo objetivo es mejorar la comprensión del sistema terrestre en un clima cambiante y evaluar medidas de mitigación y adaptación para fortalecer la resiliencia en Chile.

¿Qué es el (CR)2?

- Orígenes

El (CR)2 es un centro de excelencia cuyo objetivo es mejorar la comprensión del sistema terrestre en un clima cambiante y evaluar medidas de mitigación y adaptación para fortalecer la resiliencia en Chile.



El Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia (CR)2 es un centro de excelencia que nace en 2013, financiado por el programa de áreas prioritarias (Fondap) de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt). En él convergen y colaboran investigadores de la Universidad de Chile (institución patrocinante), la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile (instituciones asociadas). También contribuyen investigadores asociados a otras instituciones académicas.

La dirección del (CR)2, el equipo de administración, computación científica y comunicaciones funcionan en el Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.



El (CR)2 es un centro de investigación de nivel mundial focalizado en la ciencia del sistema terrestre que, de modo interdisciplinario y con una relación cercana con los actores vinculados, busca mejorar nuestra comprensión de este sistema y contribuir a incrementar la capacidad de resiliencia en Chile frente a la variabilidad y al cambio climático.



Representación artística de las tendencias simuladas de precipitación en Chile, realizada por el artista Tully Satre y encargada por el (CR)2. Izq a derecha: período 1941-1980, período 1981-2020 y período 2021-2060. Los tonos rojos representan sequía y los azules aumento de precipitaciones. Datos obtenidos con los modelos predictivos CESM1 y CAM5.

Orígenes

Chile posee un escenario único para el estudio de la ciencia del sistema terrestre, debido a los fuertes gradientes biofísicos entre la cordillera de los Andes y el océano Pacífico, los regímenes climáticos diversos, la gran variabilidad de las condiciones climáticas, el rápido crecimiento económico y urbano, y una sociedad caracterizada por enormes inequidades.

Tales aristas hacen necesaria una aproximación científica interdisciplinaria adoptada por los investigadores del (CR)2, con el apoyo de la experiencia y los conocimientos del aparato del Estado chileno y del sector privado. Gracias a esta colaboración, ha sido posible contribuir a la definición de estrategias de adaptación, mitigación, desarrollo y resiliencia.

Todas las investigaciones del Centro convergen alrededor de tres grandes problemas asociados al cambio climático y la variabilidad del clima en Chile y sus vulnerabilidades:

- » La escasez y la variabilidad de los recursos hídricos, lo que requiere una mejor caracterización de la variabilidad climática y del ciclo hidrológico para la gestión de estrategias que satisfagan la demanda de agua.
- » La creciente urbanización, que exige una gestión integrada e intersectorial con el fin de maximizar el control de las fuentes contaminantes que afectan la calidad del aire y el clima.
- » El rápido cambio del uso de suelo, el cual ha dado lugar a conflictos que demandan soluciones a partir de nuevos enfoques, como la restauración ecológica para la recuperación de los servicios ecosistémicos.

Para abordar estos problemas, el (CR)2 se ha organizado en su primera etapa alrededor de cinco líneas de investigación: biogeoquímica, dinámica del clima, dimensión humana, servicios ecosistémicos y modelación y sistemas de observación.



Biogeoquímica



Dinámica del clima



Dimensión humana



Servicios ecosistémicos



**Modelación y sistemas
de observación**

En una segunda etapa, el centro se reorganizará en torno a grandes preguntas interdisciplinarias sobre escasez de agua, cambio de uso de suelo, procesos costeros, urbanización y una nueva área que estudie la interfaz entre ciencia y toma de decisiones. Las antiguas líneas de investigación se asimilarán a estos modelos interdisciplinarios, los cuales estarán interconectados territorial y metodológicamente.

Organización

Una característica importante y distintiva del (CR)² es la presencia equitativa de mujeres, quienes representan un 48% del total de investigadores y estudiantes.

Organización

- Organigrama
- Investigadores
- Publicaciones

Una característica importante y distintiva del (CR)2 es la presencia equitativa de mujeres, quienes representan un 48% del total de investigadores y estudiantes.

Organización

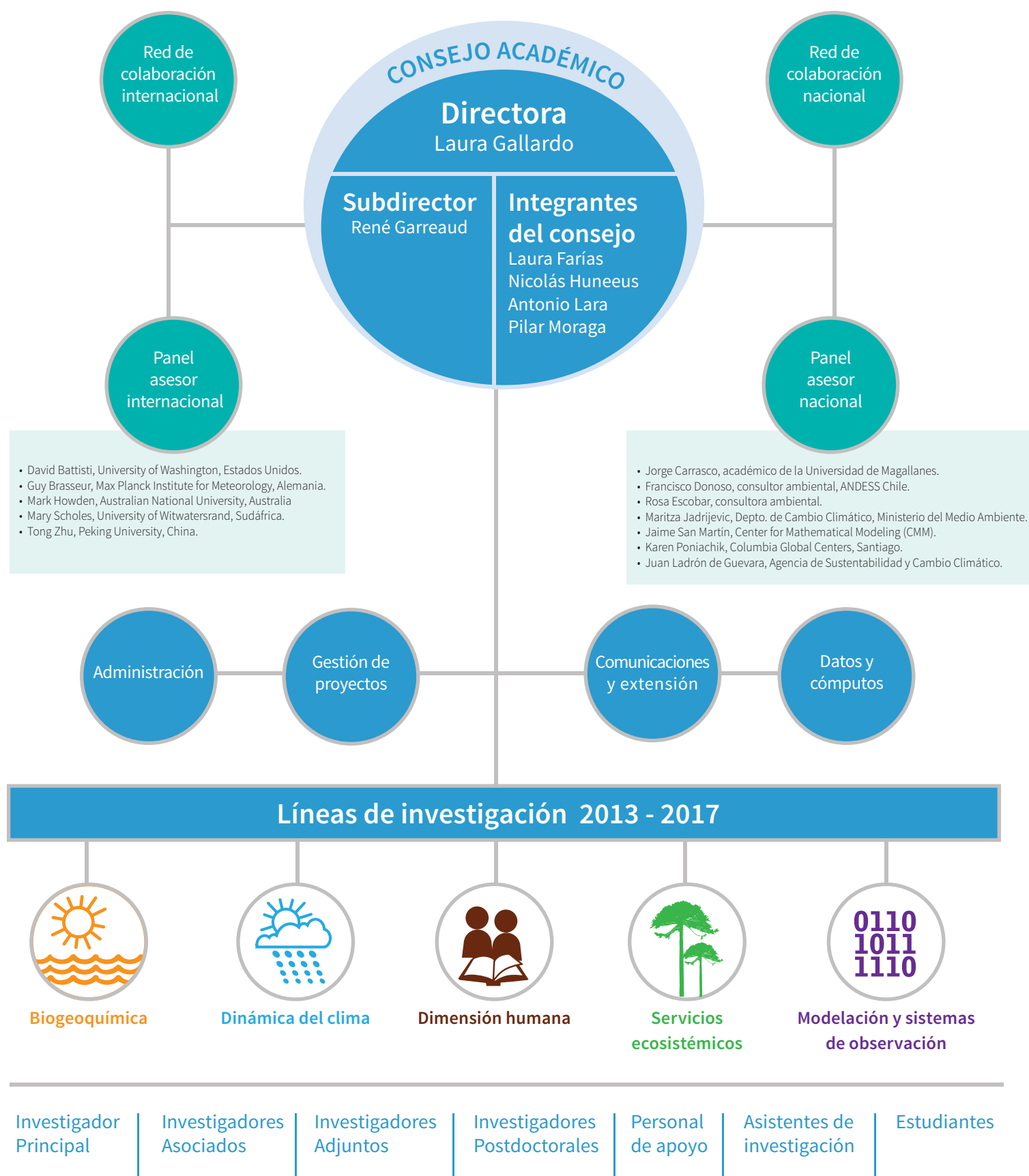
La estructura organizacional del (CR)2 está determinada por sus líneas o áreas de investigación, cada una liderada por un investigador principal. La directora, junto al subdirector y los investigadores principales de cada línea, forman parte del cuerpo académico directivo, responsable de las decisiones estratégicas del Centro; este cuerpo, además, es asesorado científicamente por un panel de expertos y redes de colaboradores a nivel nacional e internacional.



De izquierda a derecha: Antonio Lara, Laura Gallardo, Laura Farías, Nicolás Huneeus, Pilar Moraga y René Garreaud.

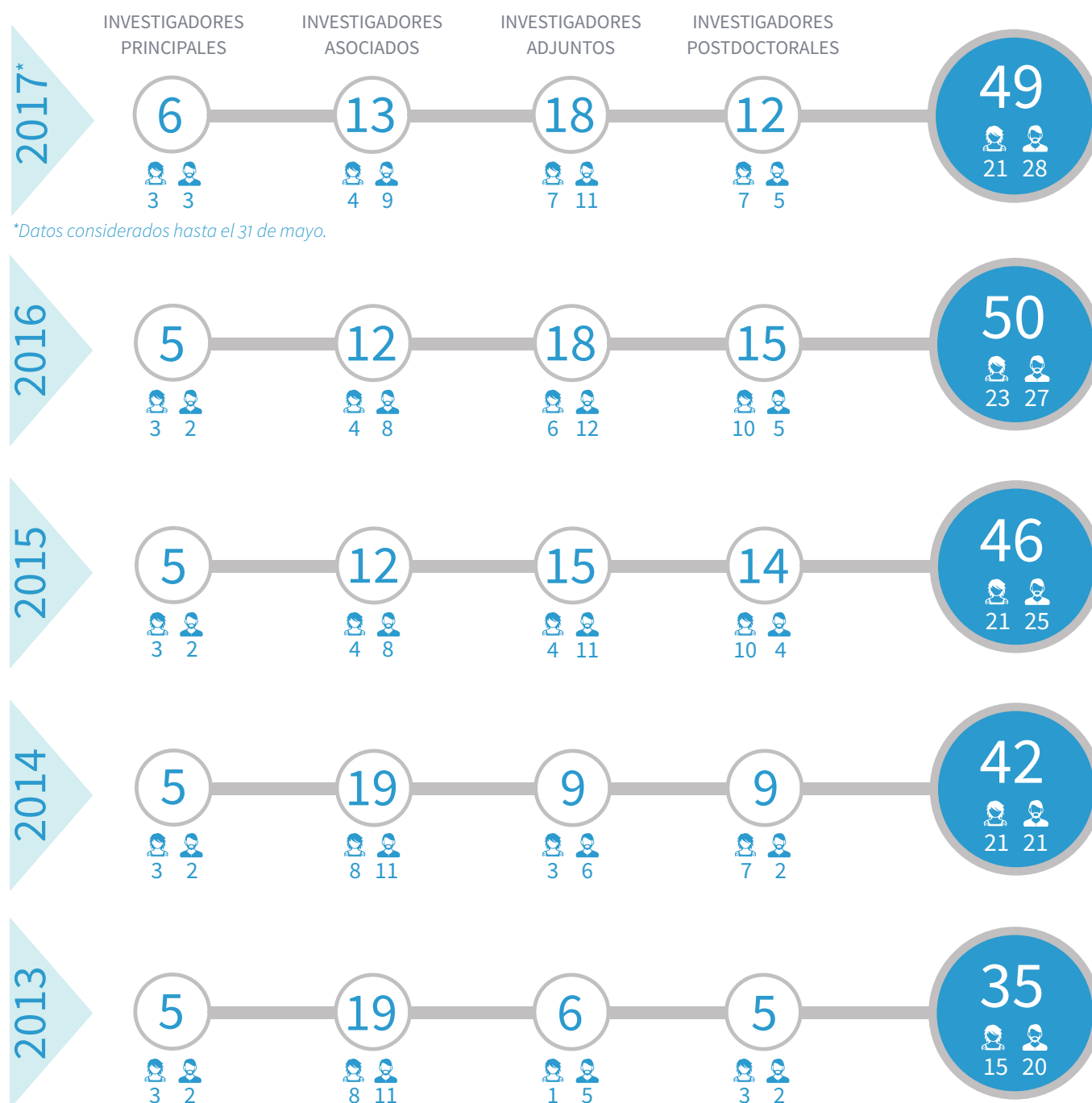


Reunión ampliada / Casablanca - 2016



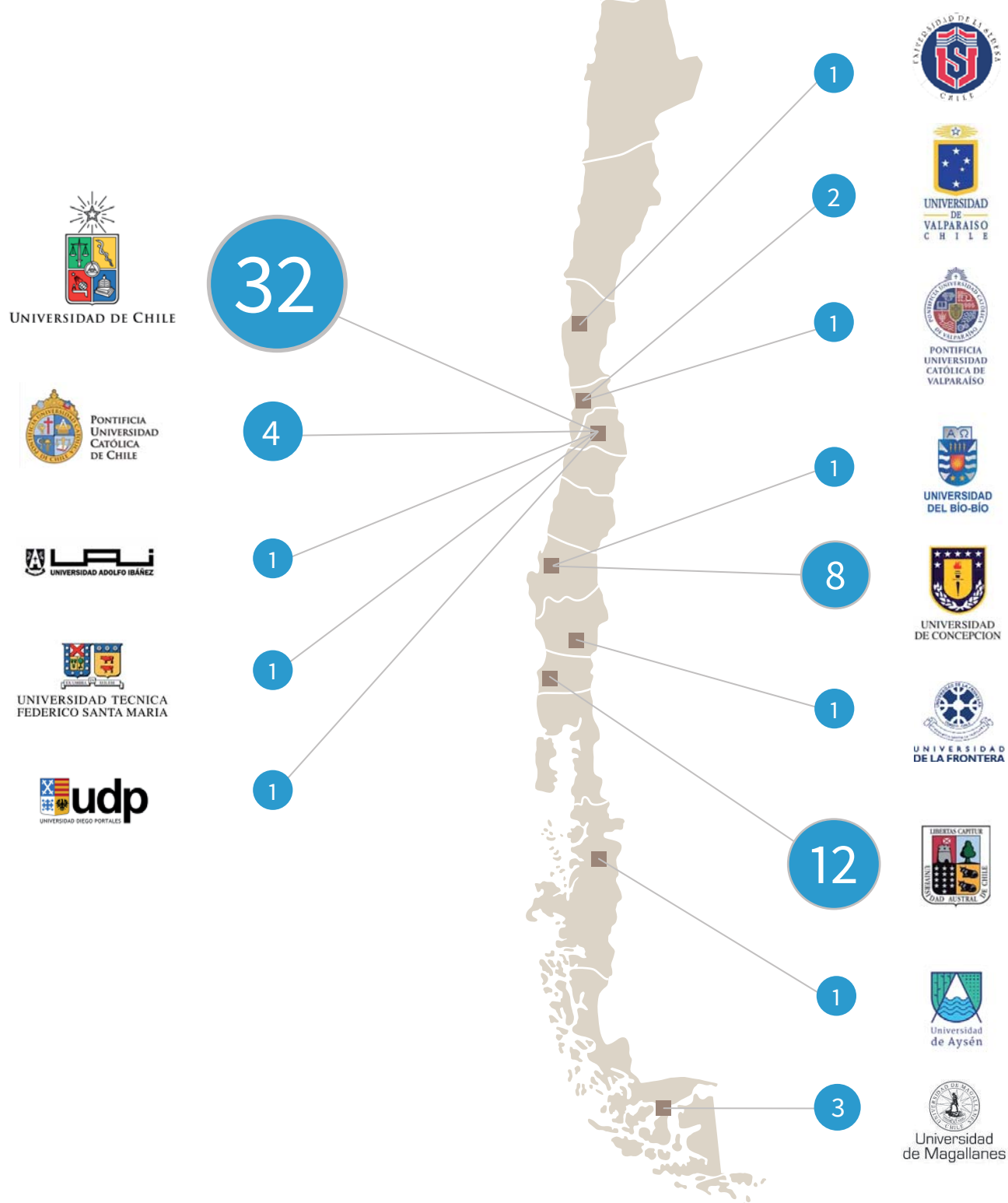
69 investigadores nacionales y extranjeros han sido parte del equipo del (CR)2. De ellos, 22 corresponden a investigadores postdoctorales provenientes de Chile y el resto del mundo. A su vez, un importante número de estudiantes han sido formados a través del (CR)2 y han dejado a la fecha* un total de 47 tesis de pregrado, 76 de magíster y 26 de doctorado.

Una característica importante y distintiva del (CR)2 frente a otros centros de investigación nacionales es la presencia equitativa de mujeres, quienes representan un 48% del total de investigadores. A nivel directivo, el liderazgo femenino también es relevante.

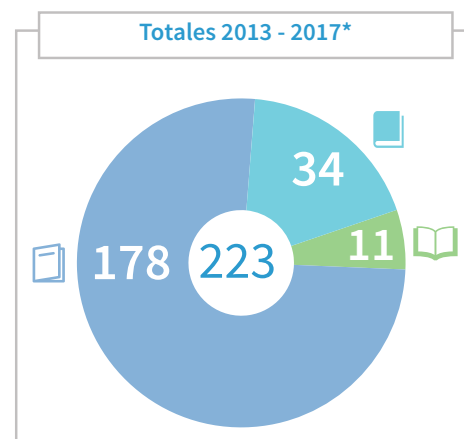
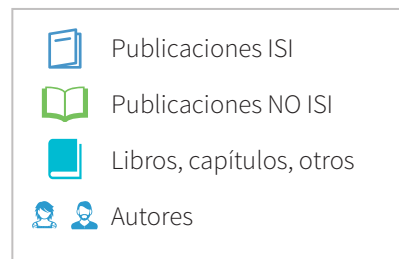
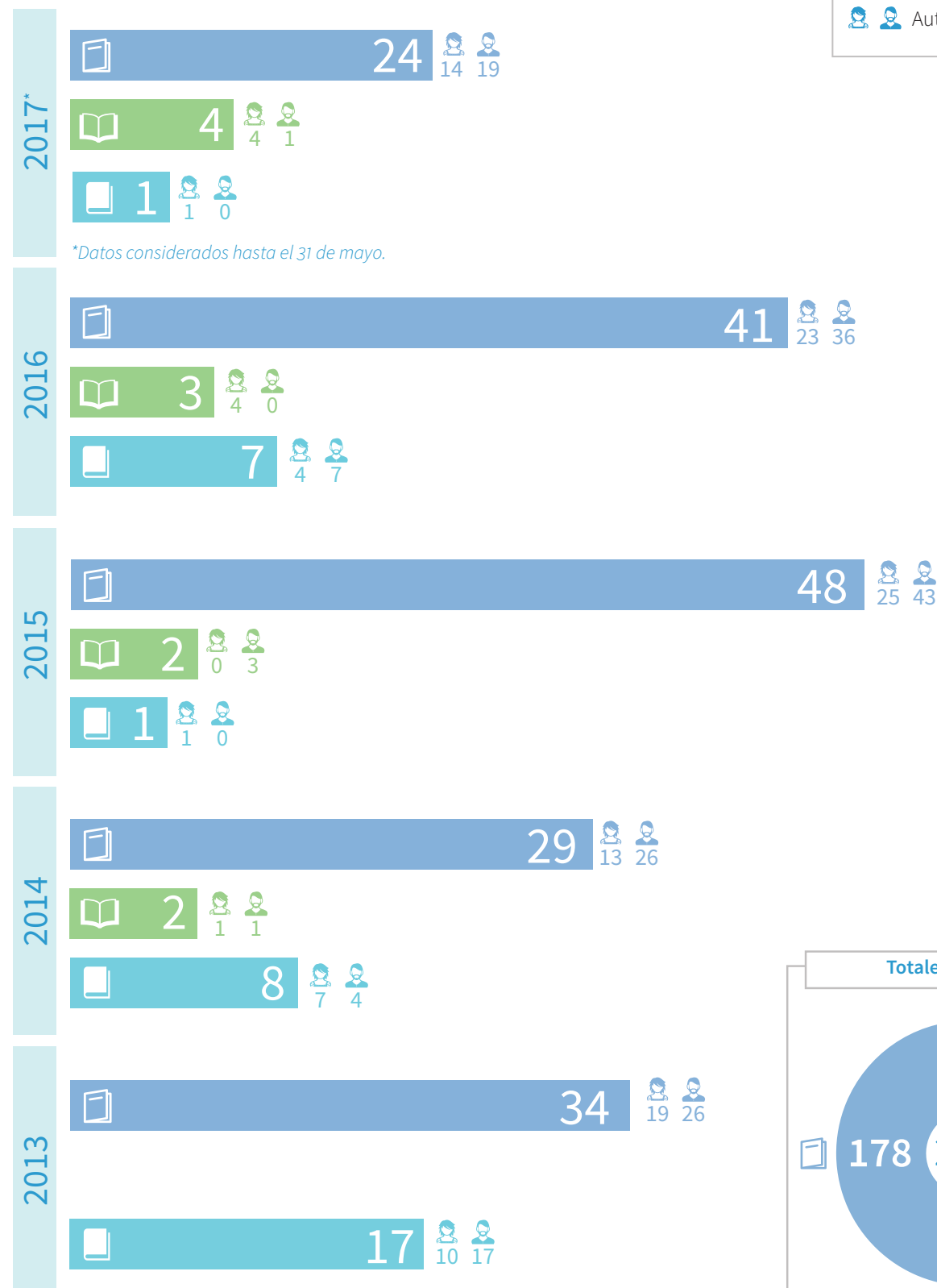


Organización

El equipo de investigadores está distribuido a lo largo de todo el país, principalmente en las tres sedes del (CR)2, ubicadas en la Universidad de Chile en Santiago, la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile en Valdivia.



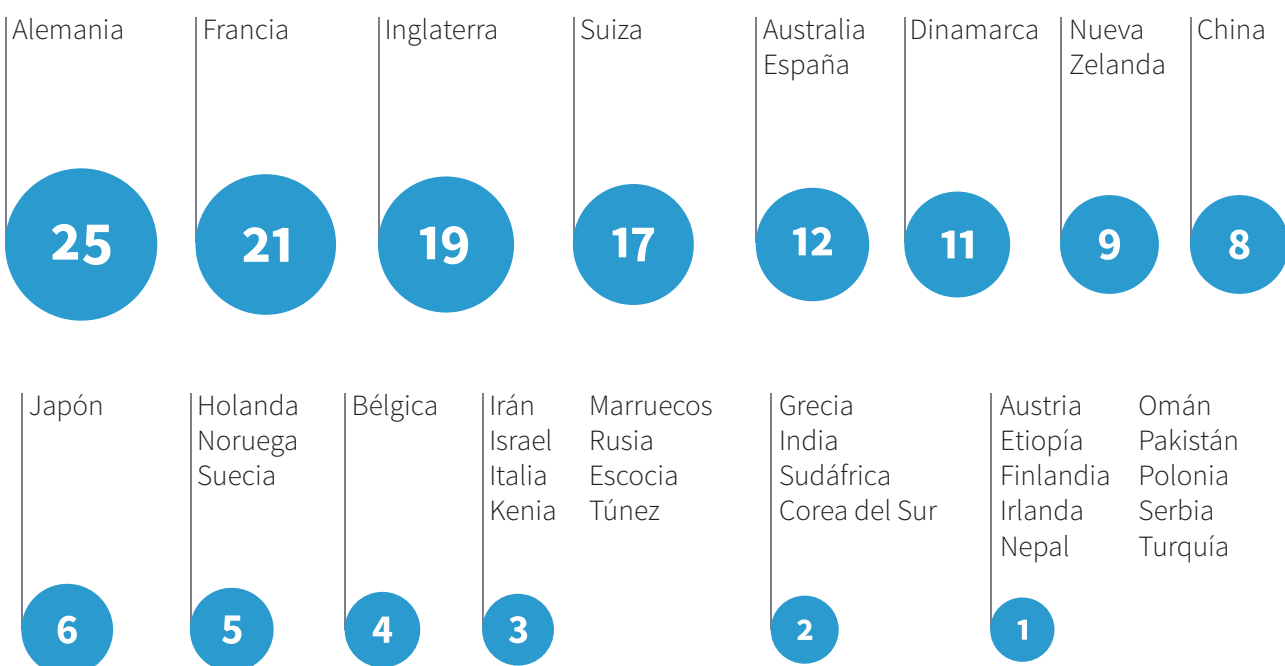
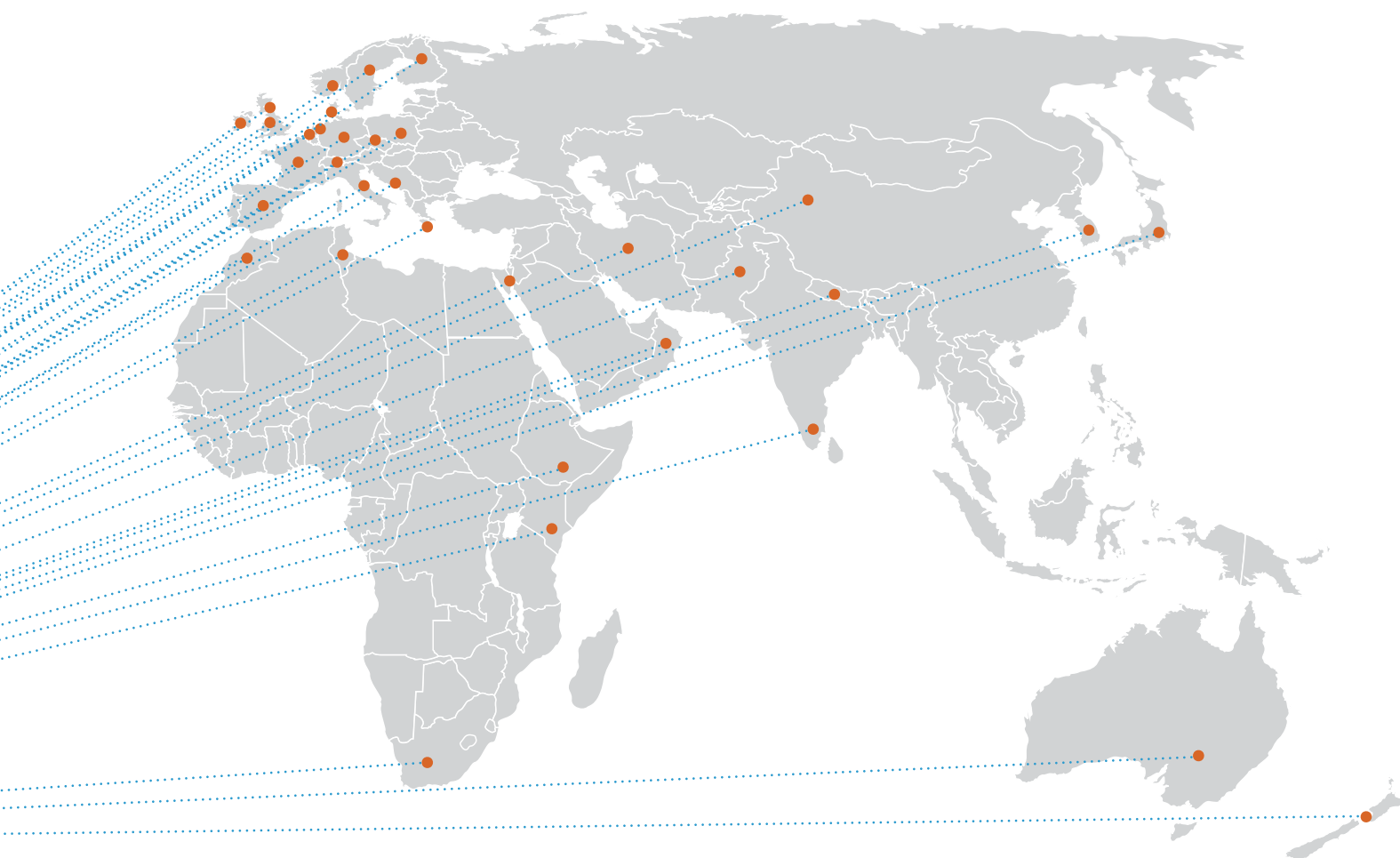
La producción científica del (CR)2 es vasta y diversa, pues incluye publicaciones de estudios en revistas científicas indexadas (ISI) y no indexadas, redacción de libros y capítulos, publicaciones propias del Centro y numerosas presentaciones en simposios y conferencias.



Organización

Mapa de autores por país de las publicaciones en revistas científicas indexadas (ISI) en las que participan investigadores del (CR)2. Gráfico representa el número de colaboraciones por país.







Instalación de arte de Nele Azevedo
Facultad de Derecho / Universidad de Chile - 2012

Líneas de Investigación

Las líneas de trabajo articulan la investigación de profesionales de las ciencias naturales y las ciencias sociales con el fin de abordar temas prioritarios para Chile.

Líneas de Investigación

- Biogeoquímica
- Dinámica del Clima
- Dimensión Humana
- Modelación y Sistemas de Observación
- Servicios Ecosistémicos

Las líneas de trabajo articulan la investigación de profesionales de las ciencias naturales y las ciencias sociales con el fin de abordar temas prioritarios para Chile.



Línea de Investigación:

Biogeoquímica

La línea de biogeoquímica está conformada por un grupo diverso de oceanógrafos, geofísicos, biólogos, ecólogos, microbiólogos, arqueólogos y otros especialistas que convergen en el estudio del movimiento y las transformaciones a través del sistema terrestre de elementos como el agua, el carbono, los gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) y los nutrientes, entre otros.

Emisiones y reciclaje de gases de efecto invernadero en el océano chileno

Tras un estudio y recopilación de datos a lo largo del sistema costero nacional, el equipo observó que las áreas de surgencia costera del norte y centro de Chile constituyen fuentes importantes de gases de efecto invernadero que viajan desde el océano hacia la atmósfera. También detectó que las aguas subsuperficiales pobres en oxígeno estimulan la acumulación y reciclaje de óxido nitroso y metano; por otra parte, los fiordos y estuarios de la zona centro-sur no representan emisiones significativas de óxido nitroso, pero sí de metano que llega al mar por el escurrimiento de aguas continentales.

Nuevos procesos biogeoquímicos

El equipo ha encontrado antecedentes de nuevas vías biogeoquímicas para el metano y el consumo de óxido nitroso. Este último proceso sería el responsable de que ciertas áreas del océano se comporten como sumideros (zonas de asimilación) de dicho gas. Otros estudios mostraron que algunas comunidades microbianas en la península antártica ven afectadas sus tasas metabólicas y de asimilación de carbono y nitrógeno debido a la pérdida de salinidad de aguas superficiales, consecuencia a su vez del derretimiento de los glaciares.

La ruta del radiocarbono

Los investigadores han hecho análisis de radiocarbono en anillos de distintas especies de árboles en todo Chile, lo que ayudará a conocer la variación en la concentración de dióxido de carbono en el hemisferio sur desde el año 1800, además de cuáles han sido sus forzantes antrópicos.

Este análisis también fue realizado en organismos marinos, lo que permitió demostrar que hace 18 mil años, durante el último

periodo glacial, existió un importante sumidero de dióxido de carbono en las aguas profundas del océano Pacífico y, con el tiempo, ese gas comenzó a liberarse debido al aumento de temperaturas en el planeta. Esta evidencia puede dar luces sobre las consecuencias del calentamiento global actual.

Transporte de nutrientes y biomasa fitoplanctónica en la región centro-sur de Chile

El largo periodo de megasequía que ha afectado a la región centro-sur de Chile llevó al grupo de investigadores de biogeoquímica a estudiar sus impactos sobre la productividad de las zonas costeras. Según pudieron observar, el empobrecimiento de los caudales de los ríos por sequía extrema trajo consigo una baja del aporte de nutrientes y una disminución de la biomasa del fitoplancton, el cual sustenta la productividad y las pesquerías de la región.

Contenido de agua líquida en los bosques de niebla del norte de Chile

Con el objetivo de comprender el desarrollo de los bosques de la región semiárida del país —como el bosque Fray Jorge en la región de Coquimbo, donde llueve menos de 200 mm al año—, el grupo de investigadores ha estudiado el contenido de agua líquida en la nubosidad de la zona, información fundamental para conocer la tasa de formación de la precipitación y el tamaño de las gotas presentes en las nubes, lo cual determina la cantidad de radiación solar que se refleja de vuelta al espacio y la cantidad que finalmente alcanza la superficie.

Sensibilidad de las sociedades prehispánicas frente a cambios ambientales

Los estudios arqueológicos realizados por el equipo de biogeoquímica sugieren que el poblamiento del Norte Grande de Chile se vio favorecido por un aumento sin precedentes de los recursos naturales. Evidencias en la pampa del Tamarugal revelan asentamientos de 13 mil años —clasificados como los más antiguos de América— cuya existencia se relaciona con la aparición de un oasis de vegetación y agua dulce. Durante eventos prolongados de sequía, los niveles de población disminuyeron y se redistribuyeron en ambientes extremos, como la costa del desierto de Atacama, la precordillera y el altiplano chileno.



Línea de Investigación:

Dinámica del Clima

La investigación que realiza el grupo de dinámica del clima, eje del trabajo del (CR)2, se focaliza en la caracterización y entendimiento de la variabilidad en el tiempo de los recursos hídricos, además de los factores físicos subyacentes a lo largo del país y en múltiples escalas temporales.

Tendencias observadas de temperatura

Santiago y otras ciudades de Chile han registrado máximos históricos de temperatura en los últimos años. Sin embargo, este incremento es menos marcado en la costa centro-norte. Lo anterior parece inconsistente con la idea de calentamiento global causado por la acción del hombre. Ante ello, el grupo de dinámica del clima analizó más de 200 estaciones meteorológicas en Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, con lo que confirmó un enfriamiento costero en las últimas tres décadas; en contraste, las estaciones más alejadas de la costa muestran un aumento de las temperaturas durante los últimos 60 años.

El equipo estimó que gran parte de las tendencias de temperatura a lo largo de la costa están determinadas por las condiciones en el océano Pacífico. Sin embargo, al menos una parte del enfriamiento se explica por el incremento de los vientos del sur, los que soplan en paralelo a nuestras costas y producen afloramiento de aguas frías. Esta intensificación es consistente con el desplazamiento hacia el sur del anticiclón del Pacífico (una zona de alta presión atmosférica), rasgo constituyente del cambio climático.

Tendencias observadas y reconstruidas de precipitación

Gracias al uso de modelos climáticos, el equipo ha observado una tendencia a la disminución de precipitaciones en Chile central durante el siglo XXI. Además, los investigadores han podido determinar que un 25 % de este déficit se puede atribuir al cambio climático antropogénico.

Las reconstrucciones climáticas también han permitido establecer el comportamiento de El Niño, pues detectaron un incremento significativo en la variabilidad año tras año de este fenómeno a partir del siglo XX. Por otro lado, reveló la aridificación del altiplano sudamericano desde mediados del siglo XX, lo que continuará exacerbándose durante el presente siglo.

Eventos hidrometeorológicos extremos

Aluviones, crecidas de ríos e inundaciones tienen un fuerte impacto en la población al ocasionar pérdidas de vidas humanas e infraestructura, como ocurrió con el aluvión de Atacama en marzo de 2015 y la tormenta a lo largo de cordillera a fines de febrero de 2017. Comienza a ser un lugar común atribuir tales eventos al cambio climático. Aunque este vínculo es evidente en climas tropicales, no lo es en el caso chileno. Por ello, los investigadores trabajan en identificar los factores que inciden en su desarrollo. En el ejemplo del aluvión de Atacama, el equipo estableció el papel fundamental que tiene la humedad proveniente del océano Pacífico —controlada por la temperatura superficial en el sector—, en el desarrollo de tormentas en la zona árida de nuestro país. Por otro lado, las tormentas sobre la cordillera durante el verano y el otoño están asociadas mayormente al transporte de humedad desde el este. Aunque las tormentas extremas son difíciles de reproducir en los modelos climáticos, las condiciones a gran escala que los acompañan pueden ser proyectadas, lo cual permitirá una estimación físicamente consistente de los cambios en este tipo de eventos durante el siglo XXI.

Una mirada al pasado más distante

El grupo ha estudiado las fluctuaciones climáticas a escala centenal por un periodo de 3 mil años, lo que incluye el calentamiento global actual. Determinar la ocurrencia geográfica, la magnitud y la rapidez de estos cambios podría ayudar a conocer los mecanismos implicados en su generación, identificar sus consecuencias ambientales y evaluar el impacto de la acción humana en el contexto de la variabilidad natural del clima.

A través del análisis de sedimentos de lagos de la Patagonia chilena, los investigadores han detectado la existencia de eventos cálidos y secos de 60 a 200 años de duración, en alternancia con eventos fríos y húmedos de 200 a 500 años de extensión en los últimos 11 milenios. Las condiciones cálidas más recientes están en sincronía con la anomalía climática medieval (entre los años 800 y 1100) y el Antropoceno (1950 a la actualidad), separadas por un prolongado intervalo frío contemporáneo con la Pequeña Edad de Hielo (entre los años 100 y 600).



Línea de Investigación:

Dimensión Humana



Esta línea ha desarrollado su investigación principalmente desde las disciplinas del derecho, la economía, la sociología y la psicología social. El trabajo conjunto se ha enfocado en un análisis integrado de las prácticas del Gobierno respecto al cambio climático en Chile, con el objetivo de determinar la manera en que se relacionan los distintos actores a nivel nacional y subnacional (gobiernos regionales y locales) con las comunidades y los individuos al momento de tomar decisiones y construir conocimiento sobre este fenómeno.

Gobernanza del cambio climático en Chile

A través del análisis de la gobernanza del cambio climático en Chile, de las diferentes leyes o marcos legales en el mundo y de las recomendaciones de organismos internacionales, los investigadores de dimensión humana plantearon la necesidad y viabilidad de una ley de cambio climático en Chile. Esta legislación debe contemplar una reforma institucional que incorpore la toma de decisiones sobre cambio climático en el poder ejecutivo, mayor participación ciudadana y la implementación de mecanismos de monitoreo de las políticas, entre otros.

Construcción de resiliencia ante el cambio climático

El concepto de resiliencia se refiere a la capacidad de un sistema para resistir y recuperarse de los efectos de las amenazas en forma oportuna y eficiente. Los investigadores trabajaron de manera directa con comunidades en tres regiones del país, gracias a lo cual llegaron a la conclusión de que la educación, el acceso a la información, la participación ciudadana y un gobierno descentralizado, entre otros, son factores fundamentales para la construcción de resiliencia frente al cambio climático.

Rol de las comunidades en la adaptación al cambio climático

En base a lo anterior, el equipo de dimensión humana realizó nuevos estudios de percepción en dos regiones de Chile central. Los resultados indican que los principales impactos percibidos del cambio climático son la sequedad del paisaje, la disminución del nivel de lagos y nieve, y los efectos en la agricultura.

Un segundo trabajo identificó las prácticas desarrolladas por las comunidades para adaptarse a la sequía en el contexto de cambio climático; posteriormente, los investigadores evaluaron su idoneidad en sesiones grupales con los distintos actores involucrados, con el fin de ayudar en su perfeccionamiento.

Encuesta nacional sobre cambio climático

Los investigadores de la línea dimensión humana y el Ministerio del Medio Ambiente realizaron en 2016 la primera consulta sobre percepción del cambio climático a nivel nacional. Entre sus resultados, destaca que un 84 % de los chilenos cree que el cambio climático es un fenómeno que está ocurriendo, mientras que un 89 % piensa que la actividad humana tiene responsabilidad total o parcial en sus causas.

Además, la mayoría de los encuestados tiene algún grado de conocimiento respecto al fenómeno, el cual asociaron con cambios en las lluvias, las estaciones del año y las temperaturas.

Protocolo de mapeo de la vulnerabilidad: el caso de la agricultura familiar campesina

Para conocer y cuantificar la vulnerabilidad frente al cambio climático y a la variabilidad del clima, se desarrolló un protocolo de mapeo y se aplicó en la región del Maule. Los resultados indican que la megasequía llevó a un aumento de la vulnerabilidad en 2013 frente a 1997, tanto para la provisión de agua como de alimentos, en especial maíz y trigo. En general, las áreas de mayor incremento en vulnerabilidad se concentran en el Valle Central, lo cual coincide con la presencia de usuarios de agua potable rural en la zona y agricultura familiar campesina proveedora de maíz.



Línea de Investigación:

Modelación y Sistemas de Observación

0110
1011
1110

Los esfuerzos de investigación de la línea de modelación y sistemas de observación se han centrado principalmente en estudiar la variabilidad climática y estimar la perturbación de los seres humanos en el clima.

Variabilidad climática en Chile

A partir del análisis de proyecciones climáticas, el equipo calculó que se puede esperar un aumento en la cantidad de eventos extremos de precipitación en el Norte Chico de Chile. Además, el análisis revela una tendencia al secamiento de los caudales en la región centro-sur del país durante el presente siglo. Gracias a estas simulaciones, los investigadores pudieron estimar el momento en que la señal antrópica en precipitaciones emerge por sobre la variabilidad natural del clima.

Marejadas y surgencia costera

Tras usar datos satelitales y modelos matemáticos, el grupo descubrió que la altura de las olas en Chile central se relaciona con la presencia de vientos intensos durante el verano. De acuerdo a las proyecciones, un efecto del cambio climático en el siglo XXI será que zonas de alta presión atmosférica —asociadas a la ocurrencia de estos vientos— se desplazarán cada vez más hacia los polos y, por ende, a lo largo de las costas chilenas. Asimismo, se espera que los vientos favorezcan el incremento de la surgencia costera.

Aumento del nivel del mar

Los cambios futuros en el nivel del mar durante el siglo XXI que podrían afectar a Chile en el contexto del cambio climático antropogénico se analizaron para las trayectorias de concentración representativa (RCP, por sus siglas en inglés) RCP4.5 y RCP8.5. Los RCP describen cuatro escenarios climáticos para el planeta, todos los cuales se consideran posibles dependiendo de la cantidad de gases de efecto invernadero que se emitan a nivel mundial en los próximos años. El aumento total del nivel del mar a lo largo de la costa chilena se sitúa entre 34 cm y 52 cm para el escenario RCP4.5, y entre 46 cm y 74 cm para el escenario RCP8.5.

Contaminación atmosférica

Los investigadores fueron capaces de identificar las principales fuentes de contaminación atmosférica en Santiago y Temuco. En esta última, el mayor emisor es la quema de leña, mientras que en la capital son los vehículos y las industrias. También han revisado y evaluado sistemáticamente los inventarios de emisiones y contribuido a generar información para nuevos inventarios, como los de contaminantes de vida media corta.

Por su parte, el equipo desarrolló métodos de evaluación para la optimización de distintas redes de observación, como la red de estaciones de monitoreo de la calidad del aire de Santiago y de espesor óptico de aerosoles.

Otro tema que han estudiado ha sido el transporte de contaminantes desde Santiago hacia la cordillera y los glaciares cercanos. Sobre esto, descubrieron que la contaminación ingresa episódicamente hacia el interior de los valles aledaños y que los contaminantes son capaces de llegar a la zona glaciar andina a 4800 m de altura, al noreste de la ciudad.

La línea de modelación y sistemas de observación también ha analizado tendencias de ozono troposférico en Rapa Nui y el cerro Tololo, lo que ha significado un aporte al entendimiento de los cambios de composición que ocurren en la atmósfera remota.

Estudios de paleoclima

A partir de distintas bases de datos de paleoclima (climas del pasado de la Tierra) se construyó un mapa de deposición de polvo mineral, el cual ha sido un insumo apropiado para estimar la contribución del polvo mineral en los cambios de concentración de dióxido de carbono en el planeta en periodos glaciales e interglaciales de hace miles y millones de años.



Línea de Investigación:

Servicios Ecosistémicos

Esta línea ha enfocado su trabajo científico en torno al cambio de uso de suelo, la restauración ecológica, los incendios forestales y su relación con los servicios ecosistémicos, es decir, los beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad, tales como la provisión de agua y alimentos, y la regulación de caudales y del clima, entre otros.

Cambio de uso del suelo

Un resultado importante del trabajo de los investigadores revela la rápida pérdida de bosque nativo en Chile. Este estudio, que cubre 36 % del área comprendida entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos, reportó la pérdida de 782.120 hectáreas de bosque nativo entre 1973 y 2011, debido mayormente al cambio de uso del suelo hacia matorrales (45 %), seguido del cambio hacia plantaciones forestales exóticas de pinos y eucaliptos, terrenos agrícolas y praderas.

Diseño de paisajes para la producción combinada de bienes y servicios ecosistémicos

A partir del análisis de dos cuencas en la región del Maule dominadas por plantaciones forestales, el grupo ha modelado el flujo anual de la producción de agua y madera en la zona y la relación entre estos dos servicios ecosistémicos. Los investigadores consideraron diferentes escenarios de cambio de uso de suelo en un horizonte de 35 años: la restauración de fajas de terreno con bosque nativo en torno a cursos de agua, o la mantención de las prácticas actuales sin restaurar. A esto se superpuso el análisis de escenarios climáticos con disminución de precipitaciones.

El modelamiento permitió avanzar hacia la optimización de una producción combinada de agua y madera en las cuencas mediante una proporción adecuada de plantaciones, bosque nativo, matorrales y otras categorías de uso del suelo y esquemas de manejo de cultivos.

Restauración del bosque nativo para la recuperación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos

El equipo también desarrolló un modelo a partir del monitoreo de seis cuencas experimentales para evaluar qué efectos tiene el cambio de uso de suelo desde plantaciones hacia bosque nativo, tanto en la recuperación de la biodiversidad, como en los servicios ecosistémicos de provisión de agua. Esta metodología es un instrumento de apoyo para establecer prioridades y tomar decisiones sobre proyectos e iniciativas de restauración.

Ocurrencia de incendios en la zona centro-sur de Chile

Una de las conclusiones fundamentales de la investigación es que la sequía y las plantaciones forestales tienen un mayor efecto directo y positivo en la generación de incendios, mientras que las zonas con cobertura de bosque nativo muestran lo contrario. Asimismo, los territorios afectados evolucionan de manera distinta de acuerdo al uso del suelo: pese a que en las últimas tres décadas el área quemada de plantaciones forestales aumentó en un 140 %, en las zonas de bosque nativo y matorrales el daño se redujo en un 10 %.

El aumento de la superficie quemada durante la temporada 2016-2017 (más de 600 mil hectáreas) se explica por tres factores: la megasequía y las altas temperaturas en Chile central; la negligencia o intencionalidad como causa de casi todos los incendios forestales en el país, y la existencia de paisajes altamente combustibles dominados por plantaciones de pinos y eucaliptos, el tipo de vegetación con la mayor superficie quemada.

Por otra parte, el equipo analizó la relación entre los incendios y la variabilidad climática en la zona centro-sur del país. El estudio indica que la frecuencia de los incendios tiene correlación con precipitaciones por sobre la media durante el invierno del año previo —lo que permite el crecimiento de hierba que se convierte en material combustible—, y con condiciones secas durante la primavera y verano de la temporada actual. Esta última relación es más fuerte hacia el sur, donde hay más precipitaciones y temperaturas máximas que influyen en una mayor área quemada.

Por otra parte, la investigación documentó que el fuego produce cambios evolutivos en las semillas de la hierba nativa conocida como manzanilla del cerro. Esto lleva a pensar que el incremento de incendios forestales podría modificar la trayectoria evolutiva de otras plantas nativas que, de acuerdo a los estudios de la línea, serían desplazadas por especies exóticas, lo que alteraría la composición del matorral chileno.

Índice de severidad de la sequía

El equipo ha cuantificado el impacto del fenómeno de El Niño de 2015-2016 sobre la sequía en Chile y el mundo mediante el índice de severidad de sequía de Palmer, el cual calificó la sequía en nuestro país como «extrema», a pesar de que eventos anteriores de El Niño estuvieron normalmente asociados a condiciones lluviosas.



Infraestructura Habilitante

Los instrumentos, bases de datos y recursos computacionales del (CR)² están disponibles para el desarrollo de ciencia de alto nivel en Chile y el mundo.

Infraestructura Habilitante

- Instrumentos
- Plataforma de Observación del Sistema Acoplado Océano Atmósfera (Posar)
- Explorador climático
- Bases de datos
- Recursos computacionales

Los instrumentos, bases de datos y recursos computacionales del (CR)2 están disponibles para el desarrollo de ciencia de alto nivel en Chile y el mundo.

Instrumentos

A lo largo de los años, el (CR)2 ha adquirido su propia infraestructura para la investigación científica sobre cambio climático. Los datos obtenidos por los instrumentos y recopilados en bases de datos, así como los recursos computacionales para modelación climática, son de suma relevancia para la comunidad científica nacional e internacional, por lo que un porcentaje importante de esta información se encuentra disponible libremente para consulta y utilización.



Universidad de Concepción. Región del Biobío.

1 ESPECTÓMETRO DE MASA DE RAZÓN ISOTÓPICA

Mide la composición isotópica del nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$), carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) en muestras sólidas, líquidas y vapor.

2 ANALIZADOR DE ISÓTOPOS DE AGUA Y ANALIZADOR DE ÓXIDO NITROSO Y SUS ISÓTOPOS

Ambos instrumentos miden con alta sensibilidad la composición isotópica de distintas sustancias.

3 MICRO RADAR DE PRECIPITACIÓN

Detecta la presencia, cantidad y velocidad vertical de gotas de lluvia, nieve, granizo.



MONITOR DE NIEBLA

Cerro Talinay, región de Coquimbo.
Mide contenido de agua líquida en la nubosidad y la composición de las gotas de agua.



PERFILADOR DE VIENTO

Laguna Carén, sitio Universidad de Chile. Región Metropolitana.
Mide magnitud y dirección, velocidad vertical y turbulencia del viento.



FOTÓMETRO SOLAR

Departamento de Geofísica de la FCFM. Universidad de Chile. Región Metropolitana.
Permite estudiar la interacción entre la radiación solar y los aerosoles.



BOYA POSAR

Desembocadura río Itata. Región del Biobío.
Boya que realiza mediciones meteorológicas y oceanográficas



ESTACIÓN METEOROLÓGICA Y FLUVIOMÉTRICA

Reserva Nasampulli. Región de La Araucanía.
Realiza registros meteorológicos en ecosistemas de montaña como parte de una red en construcción de estaciones de altura.



TORRE DE FLUJO

Parque nacional Alerce Costero. Región de Los Ríos.
Permite estimar el balance de carbono en bosques adultos, a partir de un analizador de gases infrarrojo, instrumentos meteorológicos y cuatro cámaras que miden la respiración del suelo.

Plataforma de Observación del Sistema Acoplado Océano Atmósfera (Posar)

www.cr2.cl/posar

El proyecto Posar comprende el diseño, construcción, instalación, operación y mantención de un sistema de observación del océano y la atmósfera en la zona costera de la región del Biobío. Estas tareas fueron abordadas por investigadores y profesionales del (CR)2 junto a la empresa chilena SeaHorse (Concepción). Este proyecto cuenta con financiamiento del Fondo de Equipamiento Científico y Tecnológico (Fondequip), Conicyt y la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

La plataforma Posar consiste en una boya costera que realiza mediciones meteorológicas (magnitud y dirección del viento, temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, radiación neta y presión atmosférica) y mediciones oceanográficas a unos 2 mts. de profundidad (temperatura del agua, conductividad, oxígeno disuelto, clorofila, ph, concentración de nitrato y presión parcial de dióxido de carbono). *Este equipamiento es único a lo largo de la costa de Sudamérica.*

Posar se emplaza frente a la desembocadura del río Itata, unos 30 km al norte de Talcahuano, zona expuesta a diversos fenómenos —surgencia costera, descarga de ríos, temporales de invierno— y a múltiples actividades antrópicas, como pesca, turismo, agricultura, silvicultura y la industria de celulosa. Su objetivo principal es medir una serie de variables meteorológicas y oceanográficas que permiten hacer un seguimiento del estado del medio ambiente costero. Esta información, de alta calidad y frecuencia, está disponible libremente para la comunidad local y regional, con el fin de que pueda ser empleada en labores operacionales e investigaciones científicas.

La boya transmite los datos cada hora a una estación en tierra, donde son preparados para su divulgación a través de Internet a toda la comunidad.



Explorador climático

explorador.cr2.cl

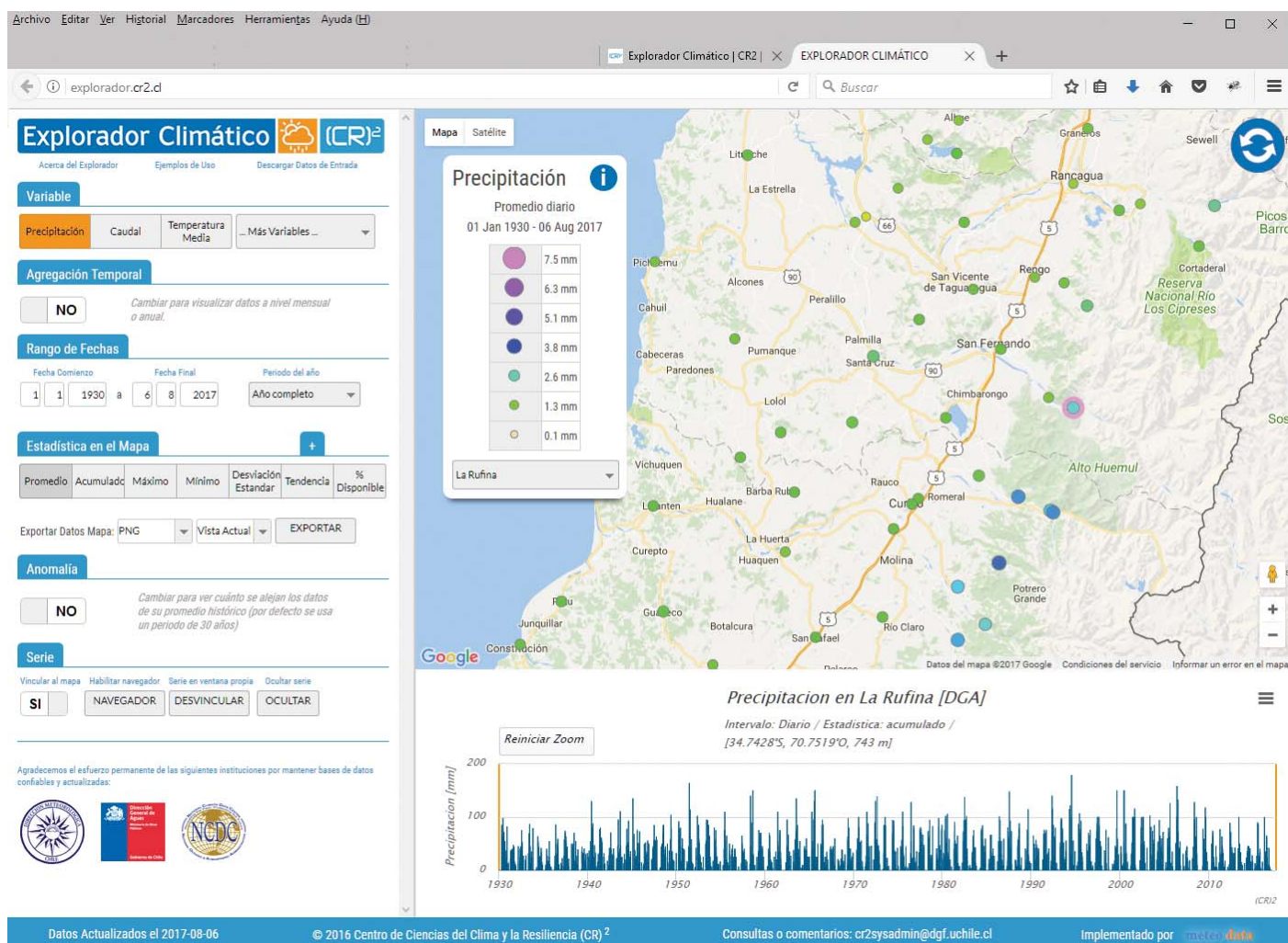
El explorador climático es una herramienta en línea desarrollada por el (CR)2 e implementada por la empresa chilena Meteodata que permite visualizar, analizar y descargar datos climáticos. Esta herramienta utiliza registros observacionales compilados por el Centro para uso académico y de investigación, obtenidos desde la Dirección Meteorológica de Chile, la Dirección General de Aguas y el Ministerio de Medio Ambiente; aunque dicha información está mayormente disponible, el (CR)2 realizó una importante tarea de homogenización y ensamblaje de distintas bases de datos.

Este tipo de plataforma adscribe a lo conocido como «servicios climáticos», es decir, información climática transformada en productos y aplicaciones para diversos tipos de usuarios. Por ello, el explorador climático puede ser usado tanto por la comunidad en general como por profesionales con conocimientos avanzados

en meteorología, lo que la convierte en una herramienta útil para la toma de decisiones políticas y de planificación.

El explorador permite a los usuarios acceder a una extensa base de datos con información de todo el territorio nacional desde 1930, realizar cálculos simples, desplegar los resultados como mapas o series de tiempo y exportarlos a diversos formatos de imagen y texto.

Dentro del menú, los usuarios pueden elegir entre las variables de precipitación, caudal, temperatura media, máxima y mínima, y conocer sus valores para años completos, estaciones o meses específicos. Además, es posible identificar la desviación estándar, las anomalías y las tendencias, entre otras estadísticas.



Bases de datos

Datos climáticos y simulaciones climáticas

El área de datos y cómputos del (CR)2 ha recolectado datos climáticos, de caudales y de simulaciones climáticas desde plataformas de libre acceso en Chile y el extranjero, campañas de mediciones y simulaciones numéricas realizadas por los investigadores del (CR)2, entre otros. Estas recopilaciones se encuentran disponibles para investigación, docencia y público general, y no sustituyen a los datos originales provistos por las instituciones responsables.

Algunos de los datos observacionales disponibles corresponden a precipitación, caudales medios y temperaturas medias y extremas, recopilados desde la Dirección Meteorológica de Chile, la Dirección General de Aguas y el Ministerio del Medio Ambiente. Por otro lado, los datos de simulaciones climáticas globales del Coupled Model Intercomparison Project (CMIP5) fueron recolectados desde los nodos asociados a la Earth System Grid Federation, mientras que los datos de simulaciones climáticas regionales corresponden al trabajo de investigadores del (CR)2, el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, y la Dirección Meteorológica de Chile.

Perfiles de ozono de Rapa Nui

El (CR)2 ha dejado a libre disposición los archivos de 20 años de datos de perfiles de ozono de Rapa Nui, obtenidos por la Dirección Meteorológica de Chile bajo el auspicio de Global Atmospheric Watch y la Organización Meteorológica Mundial. El análisis de estos datos fue realizado por investigadores del (CR)2, la Universidad de Magallanes y NASA Goddard Space Flight Center.

Bases de datos de actores y prácticas nacionales de adaptación al cambio climático

En el contexto de la investigación interdisciplinaria del (CR)2 sobre la megasequía en Chile, se confeccionaron dos bases de datos. La primera es una tabla de actores relacionados a la sequía, que incorpora a casi 300 organizaciones públicas, privadas, de investigación y de la sociedad civil, involucrados en el manejo de la sequía en la Chile. La segunda tabla corresponde a un listado de prácticas de adaptación al cambio climático realizadas por distintos actores e identificadas en las comunas de Paine y La Pintana (Región Metropolitana), San Felipe, Santa María, Los Andes y Rinconada (Región de Valparaíso).

Recursos computacionales

La realización de simulaciones climáticas mediante modelos numéricos requiere gran cantidad de recursos computacionales de alto desempeño y volúmenes de almacenamiento. Para ello, el (CR)2 dispone de dos ambientes con diferentes capacidades de cómputo de procesamiento distribuido y almacenamiento, disponibles para realizar investigación en el área de las ciencias atmosféricas.

El primer ambiente se encuentra ubicado en el área asignada al (CR)2 en el centro de procesamiento de datos del Centro de Computación de la Universidad de Chile. Consta de un clúster de cómputos distribuidos de alto rendimiento que permite realizar simulaciones climáticas con 3 nodos (104 cores en total), conectados a un sistema de almacenamiento de 100 TB.

El Laboratorio Nacional de Computación de Alto Rendimiento (NLHPC, por sus siglas en inglés) del Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile alberga el supercomputador más poderoso en el país, debido a su rendimiento computacional de 70 teraflops. Este aparato compone el segundo ambiente de cómputos del (CR)2 y provee una capacidad de cómputo de 120 cores a cada investigador del centro.



Redes de Colaboración

Gracias a la participación en comisiones y a la colaboración con instituciones nacionales y extranjeras, el (CR)2 ha contribuido al desarrollo de la ciencia del sistema terrestre en el país y de las políticas públicas que abordan el cambio climático en Chile.

Redes de Colaboración

- Instituciones públicas y privadas chilenas y extranjeras

Gracias a la participación en comisiones y a la colaboración con instituciones nacionales y extranjeras, el (CR)2 ha contribuido al desarrollo de la ciencia del sistema terrestre en el país y de las políticas públicas que abordan el cambio climático en Chile.

Redes de Colaboración

El (CR)2 colabora con instituciones públicas y privadas en Chile y el extranjero para fomentar el desarrollo de las distintas áreas de investigación del Centro, como la modelación climática, la construcción de resiliencia social, el derecho ambiental, los sistemas forestales y la observación costera, entre otras.

Entre estas redes destacan algunas de las colaboraciones que han permitido aportar directamente a la definición de políticas públicas en cambio climático en Chile.





Ministerio del Medio Ambiente

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y el (CR)2 han mantenido una colaboración estrecha y permanente para la realización de distintos proyectos y la elaboración de las políticas públicas sobre el cambio climático.

Esta relación se materializó en el trabajo de MAPS Chile, proyecto gubernamental interministerial y participativo que ha entregado opciones para disminuir las emisiones de gases efecto invernadero en el país y avanzar hacia un desarrollo bajo en carbono. El (CR)2 también elaboró una propuesta de estructura y contenidos, además de una evaluación de término para el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC), instrumento de mayor jerarquía en la gestión del tema a nivel estatal.

El MMA ha solicitado colaboración al Centro para desarrollar simulaciones climáticas regionales y marcos de evaluación de vulnerabilidad al cambio climático. En esta línea, ambos firmaron en 2016 un contrato en el cual la responsabilidad del (CR)2 será generar información de proyecciones climáticas de la vulnerabilidad del país, gracias a la modelación climática a escala regional, los que quedarán disponibles en una plataforma interactiva que permitirá apoyar el diseño de políticas públicas a nivel nacional.



Ministerio de Relaciones Exteriores

La Dirección de Medio Ambiente y Asuntos Oceánicos del Ministerio de Relaciones Exteriores ha sido un actor clave en la participación del (CR)2 en las Conferencias de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), instancia que reúne a gobiernos, empresas, organizaciones no gubernamentales y otros actores en torno a la generación de acuerdos internacionales para abordar el cambio climático a nivel global.

La presencia del (CR)2 en estas conferencias ha crecido en importancia, por lo que en 2016 se trabajó junto al Ministerio de Relaciones Exteriores para fortalecer la cooperación científica en las áreas de interés de la Cancillería. Producto de estas conversaciones, ambas instituciones organizaron junto al Banco Interamericano del Desarrollo un evento oficial dentro de la COP22 de Marrakech, Marruecos, que abordó temas relativos a la implementación económica de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) en el marco del Acuerdo Climático de París.



Ministerio de Obras Públicas

El Centro de Modelamiento Matemático (CMM), el Laboratorio Nacional de Computación de Alto Rendimiento (NLHPC, por sus siglas en inglés), el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el (CR)2 firmaron en 2016 un convenio que busca establecer mecanismos de colaboración en materias relacionadas con el cambio climático y su modelación para contribuir a las políticas y estudios prospectivos del ministerio.

Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile

El (CR)2, en conjunto con el Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile, redactaron el capítulo «Vulnerabilidad del país y su adaptación al cambio climático» de la *Tercera comunicación nacional de Chile sobre cambio climático ante las Naciones Unidas*, documento elaborado bajo la dirección del MMA que detalla los avances del país en acciones para abordar el cambio climático entre 2011 y 2016. Este informe fue publicado y entregado oficialmente a Naciones Unidas en noviembre de 2016, durante la COP22 de Marrakech.

Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes e Instituto de Ecología y Biodiversidad

En conjunto al Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA) y al Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), el (CR)2 desarrolló el proyecto Explora Conicyt de Valoración y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología titulado «Julietta en la tierra de las niñas», que tuvo por principal objetivo motivar a niñas a participar en la ciencia. El proyecto concluyó en septiembre de 2016.

Centro de Energía Solar

El (CR)2 y el (SERC, por sus siglas en inglés) elaboraron el diplomado «Cambio climático y desarrollo bajo en carbono», el cual propone entregar herramientas conceptuales y metodológicas para comprender desde una visión integral los problemas relacionados con el cambio climático y el desarrollo bajo en carbono.

Dirección General de Aeronáutica de Chile, Dirección Meteorológica de Chile

En julio de 2014, el Centro firmó un convenio de colaboración con la Dirección General de Aeronáutica de Chile (DGAC) y la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) con el objetivo de compartir información meteorológica relevante, técnicas de análisis de datos y desarrollar servicios climáticos.

Consejo Nacional de Innovación

En enero de 2016, sesionó por primera vez la Comisión de I+D+i —investigación, desarrollo e innovación— para la Resiliencia frente a Desastres Naturales (Creden), instancia impulsada por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) que propuso una agenda en torno a los fenómenos naturales de potencial catastrófico que enfrenta el país.

La colaboración del (CR)2 se manifestó en la participación en la comisión central de Creden y en la Comisión I+D+i para la Sostenibilidad de los Recursos Hídricos, cuyo objetivo fue definir lineamientos de apoyo a la agenda estratégica en la materia.

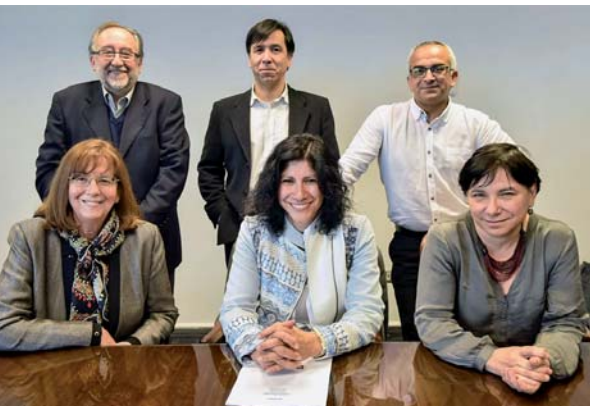
Ambas comisiones entregaron a fines de 2016 sus respectivos informes a la presidenta de la República, Michelle Bachelet, con una serie de recomendaciones y propuestas para mejorar la gestión de los recursos hídricos y la preparación ante desastres naturales en el contexto del cambio climático en Chile.





Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública

El (CR)2 es parte del comité científico técnico, unidad asesora de la Oficina Nacional de Emergencia (Onemi) que se ha propuesto fortalecer la comprensión de las diversas amenazas y generar instancias efectivas para la gestión del riesgo en Chile. Además, el Centro integra la plataforma nacional de reducción de riesgo de desastres, iniciativa multisectorial que busca aumentar la resiliencia frente a catástrofes en nuestro país.



Comisión sobre marea roja del Ministerio de Economía

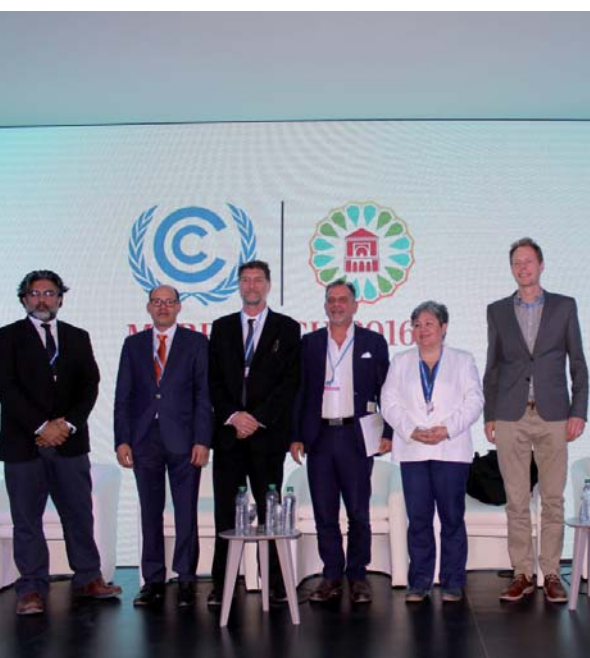
A través de una de sus investigadoras principales, el (CR)2 participó en la mesa de expertos independientes conformada por el Ministerio de Economía que analizó el fenómeno de marea roja sufrido en las regiones de Los Lagos y Aysén en el verano de 2016.

El equipo estuvo integrado por cinco científicos convocados a través de la Academia Chilena de Ciencias que trabajaron para determinar la existencia o no de un vínculo entre el vertimiento de pescados en descomposición por parte de empresas salmoneeras y el fenómeno de marea roja. El informe final de la comisión fue entregado en noviembre de 2016.



Panel Intergubernamental del Cambio Climático

En 1988, por iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial, se creó el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) para ofrecer una visión científica del estado de los conocimientos sobre el cambio climático y sus repercusiones medioambientales y socioeconómicas. Investigadores del (CR)2 fueron autores y editores del quinto reporte de evaluación del IPCC, además de informes especiales como el de manejo de los riesgos de eventos extremos en el cambio climático. En la actualidad, los investigadores del Centro participan en las reuniones de preparación del sexto reporte de evaluación, a publicarse en 2022.



International Network of Climate Change Centres of Excellence and Think Tanks for Capacity Building

Junto a otros 11 centros de investigación de todo el mundo, el (CR)2 conformó en 2016 la Red Internacional de Centros de Excelencia en Cambio Climático y *Think Tanks* para el Desarrollo de Capacidades (INCCETT, por sus siglas en inglés), cuya misión es impulsar el diseño e implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas, presentadas para dar cumplimiento al Acuerdo de París con el fin de fomentar una mayor colaboración internacional.

El lanzamiento oficial de la red se realizó en la COP22 de Marrakech. El evento contó con la participación del (CR)2 y autoridades de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) y del Reino de Marruecos. El INCCETT se enfocará en definir aspectos de financiamiento y puesta en marcha del trabajo conjunto, para luego avanzar en propuestas concretas que apoyen el desarrollo de capacidades en cada país para la implementación de las NDC.

Logros de Investigación

La investigación realizada en el (CR)2 en torno al cambio climático, la variabilidad del clima y la resiliencia en Chile ha tenido como resultado la generación de productos de relevancia para la comunidad científica nacional e internacional y, especialmente, para la sociedad chilena.

Entrega del Informe Megasequía a la Presidenta de la República
Michelle Bachelet J. - 2015

Logros de Investigación

- Informe a la nación: La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro
- Propuesta de marco legal e institucional para abordar el cambio climático en Chile
- Manifestaciones del Antropoceno en Chile

La investigación realizada en el (CR)2 en torno al cambio climático, la variabilidad del clima y la resiliencia en Chile ha tenido como resultado la generación de productos de relevancia para la comunidad científica nacional e internacional y, especialmente, para la sociedad chilena.

Informe a la nación:

La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro

El informe *La megasequía 2010-2015* es un documento de divulgación que sintetiza la investigación científica interdisciplinaria realizada por el (CR)2 entre los años 2013 y 2016 respecto a las condiciones sin precedentes de déficit pluviométrico que han afectado a gran parte del territorio nacional desde 2010.

El término «megasequía» es utilizado en este caso debido a la extraordinaria extensión temporal y espacial de la escasez hídrica sufrida desde la región de Coquimbo hasta la de La Araucanía, zona que ha experimentado un déficit de precipitaciones cercano al 30 %. Este fenómeno no ha tenido análogos en el último milenio, según indican las reconstrucciones climáticas basadas en el crecimiento de anillos de árboles; ocurre, además, durante la década más cálida del último siglo, lo que ha aumentado la pérdida de agua a través de la evaporación desde lagos, embalses y cultivos.

Una de las consecuencias más evidentes de la megasequía ha sido el impacto en los recursos hídricos. Por ejemplo, el déficit promedio en los caudales en los ríos de las regiones de Coquimbo y Valparaíso alcanzó un máximo de 70 % durante el período analizado.

El nivel hídrico almacenado en embalses y aguas subterráneas ha descendido hasta sus mínimos históricos, mientras que la altura de la línea de nieve se ha elevado progresivamente.

Producto de los bajos niveles fluviales durante la megasequía, nutrientes como el nitrato y el fosfato drenan en menor cantidad al mar, lo que posiblemente afecta la productividad biológica de la zona costera y de recursos como la anchoveta y sardina.

La superficie forestal quemada en las zonas centro y sur ha aumentado un 70 % desde el inicio de la megasequía. En el periodo 2016-2017 se quemaron más de 600 mil hectáreas, más de 10 veces el promedio histórico, un hecho sin precedentes que dejó 11 personas fallecidas y más de 1500 viviendas destruidas. Los científicos del (CR)2 advirtieron que el origen de la megasequía no responde completamente a fenómenos naturales como La Niña o la fase fría de la oscilación decadal del Pacífico. En efecto, el informe concluyó que al menos un 25 % de la megasequía actual es atribuible al cambio climático antrópico.

En las próximas décadas, este porcentaje podría aumentar. Las simulaciones climáticas para el período 2010-2050, que utilizan un escenario pesimista de emisión de gases de efecto invernadero, muestran la presencia de una megasequía cada 20 años. Al avanzar el siglo XXI, la definición de sequía como una condición transitoria pierde sentido, ya que existirá una disminución sustancial y permanente de la precipitación anual. Así, la condición media en el futuro podría ser similar a la observada durante la actual megasequía.

En las recomendaciones del informe, el (CR)2 planteó agilizar la instauración de un organismo de coordinación interinstitucional que sea responsable de la gestión de recursos hídricos, forme consciencia sobre su carácter finito y fomente la capacidad adaptativa del país. Por otra parte, indicó que una reforma al código de aguas debe consagrar la preservación del medio ambiente y el derecho humano al agua.

Las medidas emergentes y estructurales necesitan ser evaluadas en forma regular y participativa para que ayuden a identificar barreras y deficiencias, recoger conocimiento tradicional y promover el aprendizaje social, especialmente a nivel local.



El interés por el informe de megasequía del (CR)2 llegó hasta el palacio de La Moneda, donde la presidenta de la República, Michelle Bachelet, recibió oficialmente el documento en noviembre de 2015 de manos de los investigadores principales del Centro. También fue presentado en el Senado de la República, en la Comisión Especial sobre Recursos Hídricos, Desertificación y Sequía, y en numerosas instancias del ámbito científico, público y privado.

Propuesta de marco legal e institucional para abordar el cambio climático en Chile

Se trata de un proyecto del (CR)2 y la ONG Adapt-Chile apoyado por el Fondo de Prosperidad 2015 de la Embajada Británica en Chile y patrocinado por el Ministerio del Medio Ambiente. Su objetivo fue hacer un diagnóstico sobre la necesidad y viabilidad de contar con una ley de cambio climático en Chile, además de proveer sus contenidos mínimos.

Destacó de este proyecto su carácter participativo y abierto, al incluir un comité directivo con miembros de la Embajada Británica y del Ministerio del Medio Ambiente, junto a un panel de expertos compuesto por actores de la sociedad civil, los municipios, la academia, el Parlamento, el Gobierno y organismos internacionales. Como parte de la investigación, el equipo identificó las deficiencias del actual marco institucional sobre cambio climático, cuya responsabilidad recae en el Ministerio del Medio Ambiente. Este modelo presenta problemas en la estabilidad y continuidad de las políticas, ya que su implementación queda sujeta a la voluntad de distintos servicios. A esto se suma la inexistencia de un ítem presupuestario para el cambio climático y de definiciones legales en materia de competencias de los diversos órganos del Estado. Un análisis detallado de este diagnóstico y una propuesta de soluciones se encuentran en los tres informes publicados por los expertos: *Gobernanza del cambio climático en Chile*, *Análisis comparativo de las legislaciones de cambio climático* y *Contenidos mínimos de una ley de cambio climático para Chile y lineamientos metodológicos para su evaluación económica y social*.

El análisis de la gobernanza se enfocó en la evolución de la política pública del cambio climático en Chile, desde la firma de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) hasta la actualidad, y revisó todos los documentos emanados del Estado bajo la forma de estrategias, planes, normas y similares.

A su vez, el informe de análisis de derecho comparado identificó los cuerpos legales referidos al cambio climático en diversas partes del mundo, además del aumento progresivo de iniciativas parlamentarias en la región acerca de esta materia.

Por último, el documento sobre contenidos mínimos y evaluación propuso dos modelos institucionales para el cambio climático en Chile. El primero fortalece la relación del cambio climático con la seguridad y el riesgo. En este marco, la elaboración de la política climática correspondería a una de las subsecretarías del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, la cual acogería a la Oficina de Cambio Climático (hoy División de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente), asesorada por un comité científico dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología y un comité público-privado.

El segundo modelo responde al principio de superioridad jerárquica y propone alojar a la Oficina de Cambio Climático en la Presidencia de la República. Esta oficina sería la encargada de elaborar políticas sobre cambio climático con asesoría de los comités previamente mencionados. Dichas políticas serían sometidas



a discusión por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, en calidad de órgano consultivo.

En ambas situaciones, la propuesta persigue elevar la temática del cambio climático en la jerarquía del Estado, de manera de brindar transversalidad, coordinación entre los distintos niveles de gobierno y permanencia en el tiempo de las políticas, en conformidad con las recomendaciones internacionales.

Finalmente, el proyecto propuso un marco metodológico que permita evaluar el impacto causal asociado a una ley de cambio climático en términos económicos, ambientales y sociales, en consideración a que, a pesar de la abundante base de evidencia apoyada en la ciencia del cambio climático, existe mucho menos consenso respecto a cuál podría ser el diseño más efectivo de políticas e intervenciones que promuevan los cambios de comportamiento necesarios para la mitigación y adaptación a este cambio global.

En 2016 se implementó una segunda parte del proyecto, esta vez con la finalidad definir los contenidos de un marco legal e institucional para la adaptación al cambio climático a nivel municipal y regional en Chile. El estudio fue encargado por el Ministerio de Medio Ambiente y contó con el apoyo técnico de Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), además de financiamiento del Programa Euroclima de la Unión Europea. Los resultados fueron presentados en el marco de un evento paralelo de la Conferencia de las Partes (COP22) de la CMNUCC, que tuvo lugar en 2016 en Marrakech, Marruecos.



Esta propuesta de una ley de cambio climático para Chile fue presentada oficialmente al entonces ministro de Medio Ambiente, Pablo Badenier, y obtuvo un importante apoyo de la denominada «bancada climática». Este grupo de parlamentarios, conformado para apoyar el desarrollo del proyecto, está compuesto por los diputados Camila Vallejo, Giorgio Jackson, Andrea Molina, Daniel Melo y Patricio Vallespín, junto a los senadores Alfonso de Urresti, Carolina Goic, Guido Girardi, Antonio Horvath y Ricardo Lagos Weber.



Manifestaciones del Antropoceno en Chile

Desde la Revolución Industrial en adelante, el «progreso» de la humanidad ha ocurrido a un paso tan acelerado y tan asociado al consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y derivados) que hoy se constituye como un agente comparable a las fuerzas geológicas que determinan el clima natural. De hecho, se sostiene que hoy estamos en una nueva época geológica de nombre Antropoceno, posterior al Holoceno en que, 20 o 30 mil años, la especie humana se consolidó como la maestra de la Tierra. Más allá del nombre o la existencia de registros geológicos, lo que resulta cuestionado es la manera de convivir hasta ahora en este planeta azul del sistema solar o, para decirlo de otro modo, los caminos de progreso y desarrollo. Para un país atravesado de inequidades, enfrentar este problema es vital y puede constituir una fuente de nuevas oportunidades.

El (CR)² se ha abocado a entender algunas manifestaciones regionales del Antropoceno en Chile con el fin de identificar caminos para una mayor resiliencia. Así, se ha estudiado cómo han coevolucionado la calidad del aire y la movilidad de los santiaguinos en los últimos 30 años: los cambios que se constatan y que se prevén empiezan a requerir de nuevas políticas públicas fundadas ya no solo en la incorporación de cambios tecnológicos, sino en cambios de comportamiento y transformaciones sociales. Otro trabajo describe los cambios en uso de suelos y sus consecuencias sobre

biodiversidad, provisión de agua, almacenamiento de carbón y regímenes de fuego, con lo que llama a un manejo integral y sostenible del bosque y las plantaciones. Otros autores ahondan en las causas de la variabilidad de precipitaciones en el centro y sur de Chile. También revisan proyecciones climáticas y sus incertidumbres; estos aspectos son luego considerados para evaluar la asignación de recursos hídricos bajo la legislación vigente. Los cambios derivados de tendencias climáticas de gran escala en los procesos biogeoquímicos costeros son discutidos sobre la base de proyecciones climáticas y evidencia empírica. Registros paleogeohistóricos sirven para analizar la influencia humana en el territorio desde épocas prehispánicas. Por último, analizar la gobernanza de cambio climático en Chile permite proponer elementos para mejorarla a través de una mayor participación e integración.

Los temas abordados se identifican entonces como manifestaciones del Antropoceno en Chile. Primero, obedecen y afectan actividades humanas, así como la manera en que se han desarrollado, en modo evidente y distinguible. Segundo, estos fenómenos han ocurrido simultáneamente, de modo rápido y extendido, y se han acelerado con fuerza en las últimas décadas. Finalmente, todos ellos constituyen desafíos a las instituciones, sus instrumentos, la gobernanza y, en general, a cómo cohabitamos en un planeta de recursos finitos.



Comunicaciones y vinculación con el medio

El impacto en los temas de relevancia nacional y en el desarrollo de políticas públicas es un sello distintivo de las investigaciones y proyectos del (CR)2, los cuales no solo son un aporte al desarrollo de la ciencia en Chile, sino también un insumo fundamental para la toma de decisiones políticas que promuevan la resiliencia social en un país altamente vulnerable a los efectos de un clima cambiante.

Comunicaciones y vinculación con el medio

- Presencia en medios de comunicación
- Divulgación científica

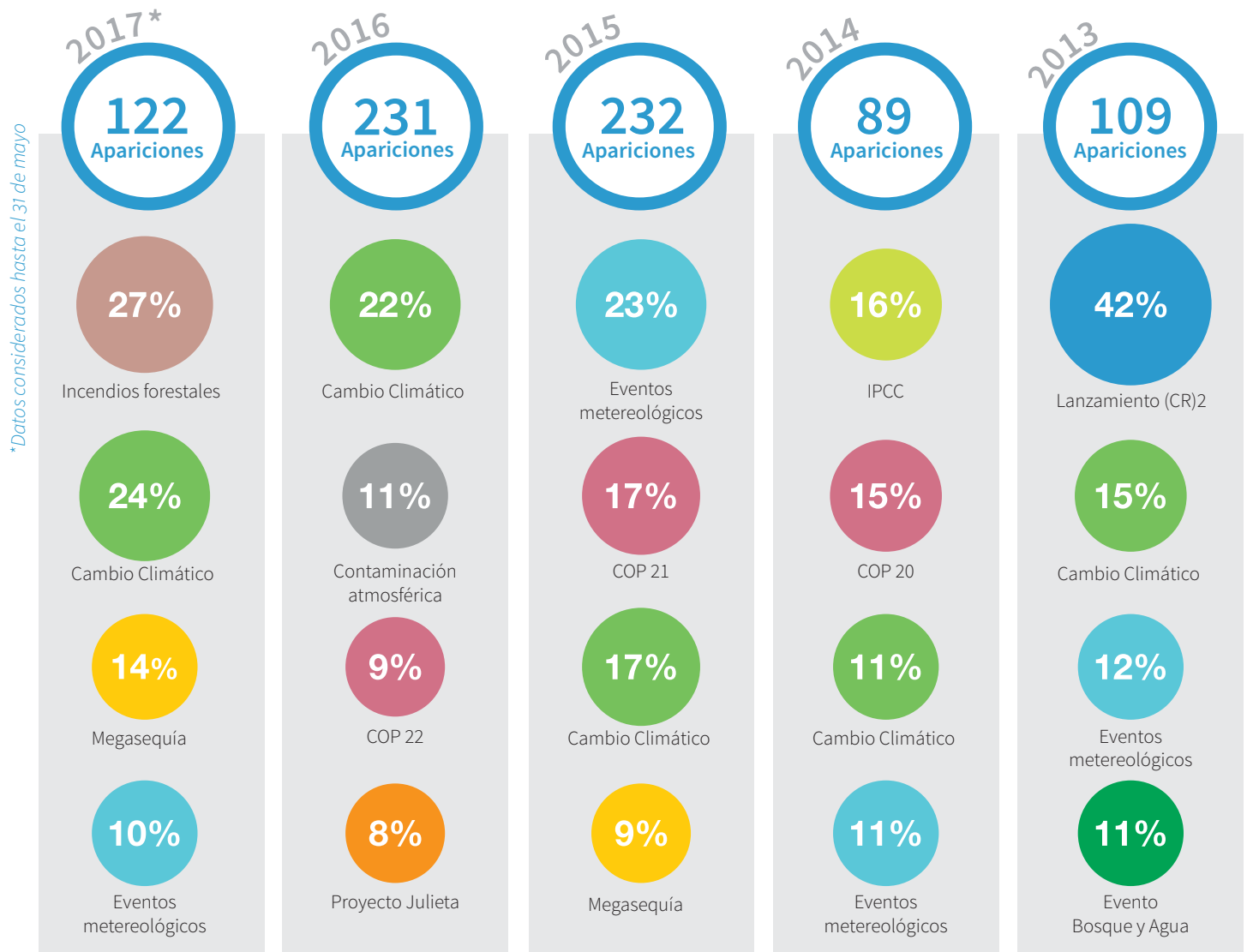
El impacto en los temas de relevancia nacional y en el desarrollo de políticas públicas es un sello distintivo de las investigaciones y proyectos del (CR)2, los cuales no solo son un aporte al desarrollo de la ciencia en Chile, sino también un insumo fundamental para la toma de decisiones políticas que promuevan la resiliencia social en un país altamente vulnerable a los efectos de un clima cambiante.

Comunicaciones y vinculación con el medio

Presencia en medios de comunicación

De la mano con la investigación científica, la comunicación a públicos no expertos es una parte fundamental trabajo del (CR)2, con miras a facilitar la comprensión del fenómeno del cambio climático antrópico y sus variados impactos en Chile.

El (CR)2 ha experimentado un importante aumento en el número de apariciones en la prensa nacional y extranjera sobre temas de contingencia relacionados al cambio climático, además de temas propios del Centro como el informe de megasequía, la propuesta de ley de cambio climático, el explorador climático y la instalación de la boya Posar, entre otros.



Divulgación científica RedLama

Para promover el contacto directo con la comunidad, los estudiantes y asistentes de investigación del (CR)2 crearon la Red Educativa Latinoamericana por el Medio Ambiente (RedLama), iniciativa que busca entregar conocimiento sobre cambio climático y ciencias del medio ambiente.

Algunos de los proyectos implementados por RedLama han sido el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero realizado por escolares en la región del Biobío, la construcción y mantención de un invernadero en una escuela especial en Valdivia y una serie de charlas para alumnos de enseñanza básica y media en Valparaíso y Santiago.



Comunica tu ciencia

Con el objetivo de preparar a los jóvenes científicos para estas instancias, el área de comunicaciones del (CR)2, junto a los centros CEGA e IEB, desarrollan de manera anual el taller «Comunica tu ciencia», dirigido a los estudiantes de pre y postgrado de dichas

instituciones, con el objetivo de entregarles herramientas básicas para la comunicación de la ciencia, la relación con la prensa y el desarrollo de proyectos de divulgación.



Julieta en la tierra de las niñas

También junto a CEGA e IEB, el Centro desarrolló la iniciativa «Julieta en la tierra de las niñas», proyecto Explora Conicyt de Valoración y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología. Se trata de un juego compuesto por una lupa, un pluviómetro y una libreta de anotaciones, entre otros implementos ilustrados con el personaje animado chileno «Julieta» con el objetivo de despertar la curiosidad científica de las niñas de 7 a 11 años.



«Julieta en la tierra de las niñas» fue reconocido como el mejor proyecto de educación científica no formal por el Premio Ciencia Joven-Unesco de Innovación en Educación Científica 2016, lo que demuestra su valor dentro de las acciones en pos de disminuir la brecha de género en la ciencia nacional.





Reunión ampliada / Villa Alegre - 2014



Equipo (CR)2 2013-2017

Investigadores principales

Antonio Lara
Universidad Austral de Chile
Laura Farías
Universidad de Concepción
Laura Gallardo
Universidad de Chile
Nicolás Huneeus
Universidad de Chile
Pilar Moraga
Universidad de Chile
René Garreaud
Universidad de Chile

Investigadores asociados

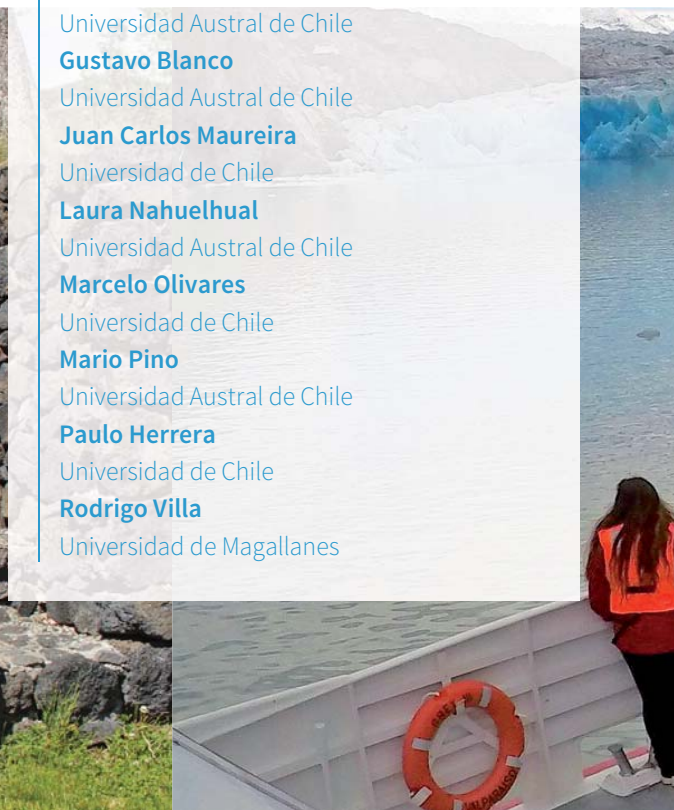
Axel Osses
Universidad de Chile
Duncan Christie
Universidad Austral de Chile
Eugenia Gayó
Universidad de Concepción
Fabrice Lambert
Pontificia Universidad Católica de Chile
Maisa Rojas
Universidad de Chile
Mauricio Galleguillos
Universidad de Chile
Mauro González
Universidad Austral de Chile
Patricio Moreno
Universidad de Chile
Paulina Aldunce
Universidad de Chile
Raúl O’Ryan
Universidad Adolfo Ibáñez
Ricardo De Pol-Holz
Universidad de Magallanes
Roberto Rondanelli
Universidad de Chile
Susana Gómez
Universidad del BíoBío
Ana Lya Uriarte
Universidad de Chile
Gary Shaffer
Universidad de Concepción
Marcela Cornejo
Universidad de Concepción
Melitta Fiebig
Universidad de La Serena

Investigadores adjuntos

Anahí Urquiza
Universidad de Chile
Ariel Muñoz
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Armando Sepúlveda
Universidad de Magallanes
Beatriz Díez
Pontificia Universidad Católica de Chile
Carlos Zamorano
Universidad de Aysén
Catalina Aguirre
Universidad de Valparaíso
Christian Little
Universidad Austral de Chile
Héctor Zambrano
Universidad de La Frontera
Italo Massoti
Universidad de Valparaíso
Karina Véliz
Universidad Diego Portales
Marcela Munizaga
Universidad de Chile
Mauricio Osses
Universidad Técnica Federico Santa María
Nancy Hitschfeld
Universidad de Chile
Pablo Saide
Universidad de Chile / University of Iowa, USA
Rodolfo Sapiains
Universidad de Chile
Rodrigo Arriagada
Pontificia Universidad Católica de Chile
Carlos Jara
Universidad Austral de Chile
Gustavo Blanco
Universidad Austral de Chile
Juan Carlos Maureira
Universidad de Chile
Laura Nahuelhual
Universidad Austral de Chile
Marcelo Olivares
Universidad de Chile
Mario Pino
Universidad Austral de Chile
Paulo Herrera
Universidad de Chile
Rodrigo Villa
Universidad de Magallanes

● Vigentes a Mayo 2017

Reunión ampliada / Roca Negra - 2015



Investigadores postdoctorales

Andrea Mazzeo
Universidad de Chile

Camila Álvarez
Universidad Austral de Chile

Camila Tejo
Universidad Austral de Chile

Cecilia Ibarra
Universidad de Chile

Deniz Bozkurt
Universidad de Chile

Francisco Barraza
Pontificia Universidad Católica de Chile

Jonathan Barichivich
Universidad Austral de Chile

Juan Pablo Boisier
Universidad de Chile

Lucy Belmar
Universidad de Chile

Raúl Valenzuela
Universidad de Chile

Rocío Urrutia
Universidad Austral de Chile

Caitlin Frame
Universidad de Concepción

Carola Flores
Universidad de Concepción

Carolina Riquelme
Universidad de Chile

Catherine Van den Hoof
Universidad de Chile

Cinthy Ramallo
Universidad de Chile

Frauke Albrecht
Universidad de Concepción

Jie Chang
Universidad de Chile

Kristina Pistone
Universidad de Chile

Mariela Yévenes
Universidad de Concepción

Nancy Yáñez
Universidad de Chile

Paola Arias
Universidad de Chile

Comunicaciones

María Giselle Ogaz
Universidad de Chile

Michelle Ferrer
Universidad de Chile

Nicole Tondreau
Universidad de Chile

Cristóbal Bustamante
Universidad de Chile

Luz Fariña
Universidad de Chile

Gestión y Proyectos

Susana Bustos
Universidad de Chile

María Isabel Guerra
Universidad de Chile

Datos y Cómputos

Francisca Muñoz
Universidad de Chile

Felipe Saavedra
Universidad de Chile

Paloma Pérez
Universidad de Chile

Nancy Valdebenito
Universidad de Chile

Matías Bravo
Universidad de Chile

Personal administrativo

Cecilia Montecino
Universidad de Chile

Jimena Cortés
Universidad de Chile

Mabel Torres
Universidad de Concepción

Marcia Millas
Universidad Austral de Chile

Bellkys Castillo
Universidad de Chile

Mauricio Castro
Universidad de Chile

Miguel Aróstica
Universidad de Chile

Claudia Isla
Universidad de Chile



Estudiantes de doctorado

Óscar Pesce
Universidad de Chile

Mónica Bello
Universidad de Chile

Federico Flores
Universidad de Chile

Ignacio Díaz Gálvez
Universidad Austral de Chile

Marco Aurelio Cortés
Universidad Austral de Chile

Mario Romero
Universidad Austral de Chile

Melisa Díaz Resquín
Universidad de Buenos Aires, Argentina

Priscilla Nowajewski
Universidad de Chile

Pilar Aparicio
Universidad de Valparaíso

Roy Mackenzie
Universidad Autónoma de Barcelona, España

María Estrella Alcamán
Pontificia Universidad Católica de Chile

Sergio Guajardo
Pontificia Universidad Católica de Chile

Noémi Kugler
Universidad de Chile

Gastón Sotes
Universidad de Concepción

Carolina Jara
Universidad Austral de Chile

Jose Ignacio Arroyo
Pontificia Universidad Católica de Chile

Santiago Ancapichún
Universidad de Concepción

Carla Henríquez
Universidad de Chile

Ángela Bustos
Universidad Austral de Chile

Andrea Leiva
Universidad Austral de Chile

Francisco Tello
Universidad Austral de Chile

Alejandro Miranda
Universidad Austral de Chile

Pilar Barría
Universidad de Chile

Sebastián Ruiz
Pontificia Universidad Católica de Chile

Marco Billi
Universidad de Chile

Estudiantes de Magister

Cynthia Escares
Universidad de Concepción

Dharma Reyes-Macaya
Universidad de Concepción

Inger Daniel
Universidad de Concepción

Cristina Carrasco
Universidad de Concepción

Sandra Sanhueza
Universidad de Concepción

Cyntia Sanhueza
Pontificia Universidad Católica

Josefa Verdugo
Universidad de Concepción

Pamela Pizarro
Universidad de Chile

Javiera Videla
Universidad de Chile

William Henríquez
Universidad de Chile

Lucía Gonzaloren
Universidad de Chile

Carolina Morano
Universidad de Magallanes

Cristián Muñoz
Universidad de Chile

Carlos Ardissoni
Universidad de Chile

Mindy Fuentes
Universidad de Chile

Julio Hasbún
Universidad de Chile

Katy Indvik
Universidad de Chile

Denis Alegría
Universidad de Chile

Dana Jiménez
Universidad Austral de Chile

Joaquín Rivera
Universidad Austral de Chile

Néstor Burgos
Universidad Austral de Chile

Rodrigo Santander
Universidad Austral de Chile

Pilar Fierro
Universidad Austral de Chile

Romina Novoa
Universidad Austral de Chile

Claudio Bravo
Universidad de Chile

Andrea Orfanoy
Universidad de Chile

Patricio Velázquez
Universidad de Chile

Adolfo Henríquez
Universidad de Chile

Amerindia Jaramillo
Universidad Austral de Chile

María Lorena Gonzalez
Universidad de Concepción

María Jesús Galvez
Universidad de Concepción

Alejandro Rangel
Universidad de Concepción

Victor Merino
Universidad de Concepción

Ricardo Konrad
Universidad de Chile

Fabián Pinto
Universidad de Chile

Enzo Simi
Universidad de Chile

Cristián Muñoz
Universidad de Chile

Sergio González
Universidad de Chile

Cristián Pino
Universidad de Chile

Camilo Barahona
Universidad de Chile

Susana Correa
Universidad de Chile

Hugo Pizana
Universidad de Chile

Cristián Parra
Universidad Austral de Chile

Ignacio Vera
Universidad Austral de Chile

Rinhard Fitzek
Universidad Austral de Chile

Matías Bravo
Universidad de Chile

Giovanni Testa
Universidad de Concepción

Macarena Troncoso
Universidad de Concepción

Sebastián García-Loyola
Universidad de Concepción

Valeria Moreno
Universidad de Chile

Fabiola Cid
Universidad de Chile

Juan Pedro Guerrero
Universidad de Chile

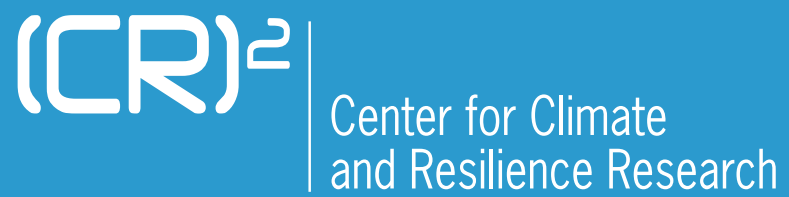
Estudiantes de Magíster

Andrés Ceballos
Universidad Austral de Chile
Constanza Becerra
Universidad Austral de Chile
Guillermo Barrientos
Universidad Austral de Chile
Waldo Iglesias
Universidad Austral de Chile
Lorenzo Palma
Universidad Austral de Chile
Humberto Bernasconi
Universidad del Biobío
Alice Junqueira
Universidad de Chile
Issa Ramos
Universidad de Chile
Marco Billi
Universidad de Chile
María Fernanda Rojas
Universidad Austral de Chile
Pamela Maldonado
Universidad de Chile
Benjamín del Favero
Universidad de Chile
Hernando Leyton
Universidad de Chile
María José Meneses
Universidad de Chile
Diego Campos
Universidad de Chile
Francisca Clemo
Universidad de Concepción
Heidy Correa
Universidad Austral de Chile
Lizette Bertín
Universidad Austral de Chile
Jorge Luis Guadalupe
Universidad Técnica
Federico Santa María
Benjamín Trehwela
Universidad de Chile
Tomás Carrasco
Universidad de Chile
Daniela Latoja
Universidad de Chile
André Moreau
Universidad de Chile
Felipe Velden
Universidad de Chile

Estudiantes de Pregrado

Valentina Besaoin
Pontificia Universidad Católica
de Valparaíso
Lenin San Martín
Universidad de Concepción
Gustavo Contreras
Universidad de Concepción
Víctor Merino
Universidad de Concepción
Gonzalo Duarte
Universidad Austral de Chile
Paulina Montory
Universidad Austral de Chile
Miguel Pelayo
Universidad de Chile
Daniela Rodríguez
Universidad Austral de Chile
Ignacio Díaz
Universidad Austral de Chile
Ignacio Vera
Universidad Austral de Chile
Karla Leal
Universidad Austral de Chile
Pía Leiva
Universidad Austral de Chile
Víctor Elgueta
Universidad Austral de Chile
Mauricio Montiel
Universidad Austral de Chile
Consuelo Martínez
Universidad de Concepción
Sebastián García-Loyola
Universidad de Concepción
Sebastián Espinoza
Pontificia Universidad Católica
de Chile
Jaime Alcorta
Pontificia Universidad Católica
de Chile
Felipe Flores
Universidad Austral de Chile
David Jaramillo
Universidad Austral de Chile
Ivo Balic
Universidad de Chile
Marcela Vidal
Universidad de Chile
Camila Carrasco
Universidad de Chile
Gabriel Araya
Universidad de Chile

Aníbal Acevedo
Universidad de Chile
Patricia González
Universidad de Chile
Pilar Muñoz
Universidad de Chile
Yasna Salazar
Universidad Austral de Chile
Andrés Palma
Universidad Austral de Chile
Yalila Aguad
Universidad del Biobío
Camila Barrientos
Universidad del Biobío
Camila Espinoza
Universidad del Biobío
Manuel Jesús Rojas
Universidad de Tarapacá
Pablo Ugalde
Pontificia Universidad Católica
de Chile
Pilar García
Pontificia Universidad Católica
de Chile
Cristóbal Puelma
Universidad Austral de Chile
Andrés Ceballos
Universidad Austral de Chile
Benjamín Sotomayor
Universidad de Chile
Marcos Buchi
Universidad Austral de Chile
Carolina Quijada
Universidad Austral de Chile
José Alejandro Sobarzo
Universidad Austral de Chile
Felipe Toledo
Universidad de Chile
Estrella Bello
Universidad de Concepción
Thiare Ceballos
Universidad Nacional Andrés Bello
Carolina Valdés
Universidad de Chile
Paulina Riquelme
Universidad de Chile
Marcelo Godoy
Universidad de Valparaíso
Danilo Cáceres
Universidad del Biobío
Constanza Mondaca
Universidad del Biobío



 www.cr2.cl

 [@cr2_uchile](https://twitter.com/cr2_uchile)

 [/cr2uchile](https://facebook.com/cr2uchile)

 (+56) 22 978 4446

 comunicaciones.cr2@dgf.uchile.cl

 Blanco Encalada 2002. 4to piso
FCFM. Universidad de Chile.
Santiago, Chile.