

## CHILE: LABORATORIO NATURAL PARA EL PLANETA

En 1940, Benjamín Subercaseaux describió Chile como una “loca geografía”, aludiendo al especial emplazamiento del territorio nacional y a una serie de singulares condiciones geográficas, climáticas, atmosféricas, ecológicas y geológicas, entre otras.

Dichas condiciones constituyen oportunidades únicas para desarrollar investigación científica de clase mundial en disciplinas como astronomía, sismología, oceanografía, energías renovables, biodiversidad, entre otras.

Tenemos el desierto más seco del mundo en el norte, los bosques subpolares y glaciares en el sur, los cielos más limpios, los terremotos más intensos y las profundidades del Océano Pacífico, considerados laboratorios naturales donde tenemos ventajas comparativas que nos permiten asociarnos con científicos a nivel mundial y transformarnos en un polo de desarrollo.

Estas áreas representan inherentes espacios colectivos de colaboración en la generación de nuevo conocimiento, en cuyo desarrollo el Estado tiene un rol esencial. El desafío está en cómo aprovechar estos laboratorios naturales como un recurso natural que Chile posee, concibiéndolos como un trampolín que ayude a dar el salto al desarrollo.

### LO QUE VIENE

- **17 enero:** Comisión Mixta de Ciencia y Tecnología Chile - China, Santiago.
- **24 de enero:** Foro Académico Chile - Francia, y lanzamiento iniciativa “2017: año de la innovación Chile - Francia”, Santiago.

La Cancillería ha jugado un rol clave en dicho proceso, principalmente en relación con la astronomía. Convertir a Chile en una Plataforma Astronómica Mundial, dada la calidad de sus cielos limpios y oscuros, requiere de acciones en el

ámbito de la Política Exterior, siendo la diplomacia científica una pieza fundamental para potenciar nuestra condición de laboratorio natural, en la perspectiva de proteger el interés nacional y en beneficio de la humanidad.

Este número especial del boletín DECYTI está dedicado a los laboratorios naturales, e incluye los artículos de la edición N° 139 de la Revista Universitaria de la Pontificia Universidad Católica de Chile, titulada “Chile Territorio Vivo”, que aborda extensamente el tema.

El artículo introductorio, a cargo del Dr. José Miguel Aguilera, Premio Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnológicas 2008, titulado “País abierto a la investigación”, propone la “astronomización” de la ciencia chilena mediante el descubrimiento e impulso “con dedicación y pasión” de los laboratorios naturales únicos que Chile posee.

Asimismo, el Dr. Aguilera pone de relieve el impacto regional del desarrollo de los laboratorios naturales, aseverando que su aprovechamiento contribuiría a generar una identidad propia y a la valoración de los recursos autóctonos, constituyendo una solución “natural” para estas zonas.

En la Editorial del boletín, el Embajador Gabriel Rodríguez, Director de DECYTI, subraya



© EXPLORA CONICYT

que la visión de Chile como Laboratorio natural contribuye a reforzar nuestra identidad y diferenciación en el mundo. Esta perspectiva nos muestra como un espacio geográfico y humano que es único y atractivo para el mundo, desde el cual es posible indagar sobre los orígenes y el futuro del planeta y la humanidad, agrega.

Lo anterior, no obstante, nos plantea el enorme desafío de proteger los llamados “laboratorios naturales”. En cierta manera, son patrimonio del mundo y nosotros somos los guardianes, y debemos “desarrollar una cultura ciudadana responsable y ser capaces de proyectar esa responsabilidad ante del resto del mundo”.

### TEMAS ESPECIALES

- Editorial: Embajador Gabriel Rodríguez, Director de DECYTI
- Noticias:
  1. Coloquio “Chile plataforma astronómica mundial: Un desafío estratégico para la Política Exterior” en la ACADE.
  2. Director DECYTI dirige panel sobre Educación Superior e Innovación en Universidad de Barcelona.
  3. Participación de DECYTI en Taller Científico en Sao Paulo.
  4. Promueven Cooperación en Astronomía entre Chile y Argentina.
- Breve: Foro Global de Gobernanza de Internet 2016.

**EDITORIAL****Embajador Gabriel Rodríguez, Director de Energía, Ciencia y Tecnología del Ministerio de Relaciones Exteriores: “La identidad de Chile: un laboratorio natural para el planeta”**

En el mundo globalizado en que vivimos, cada país busca distinguirse y tener un perfil que lo diferencie de otras naciones, y por tanto, lo transforme en un centro de atracción en determinadas dimensiones. Para países de gran territorio, que tienen un peso determinante en el acontecer político mundial, o una trayectoria histórico-cultural reconocida universalmente, esa inquietud no se presenta. Ellos son lo que son y así son reconocidos.

La búsqueda de una identidad propia, de un relato que unifique esas diferentes dimensiones y proyecte una identidad que muestre al mundo lo que una nación aporta a la Humanidad, es un proyecto nacional clave para países de tamaño medio que tienen relevancia y reconocimiento a nivel mundial, pero en ámbitos más sectoriales que globales. Ese es el caso de Chile.

Nuestro país es hoy día reconocido por su estabilidad democrática, su macroeconomía equilibrada, su respeto a los derechos humanos y su responsabilidad medioambiental más allá de lo que en “*strictu sensu*” nos correspondería. Podríamos enumerar muchas otras características positivas similares. El problema es que dichas cualidades, siendo muy relevantes, ya no generan una distinción, como lo hacían en la década de los años 90, al menos en nuestra región. Estas son hoy día estándares mínimos para economías en desarrollo, que nos hermanan, como visión de futuro, con países “*like minded*” como es el caso de Nueva Zelandia y Australia, Canadá, Corea, los países nórdicos, algunos países de Europa como Portugal, Dinamarca o Irlanda y regiones del mundo como California o Washington State en USA.

Nuestra identidad, que parecía resuelta en los noventa, hoy día regresa como acuciante pregunta. Volvemos a estar en permanente cuestionamiento y búsqueda. La identidad de una nación es hoy día clave para avanzar en el desarrollo. Dicha identidad que buscamos debería generar atracción, simpatía, interés en ser socios, de invertir o de vivir en nuestro país. Al mismo tiempo, y quizás lo más importante, debe ser un relato que apasione y mueva a nuestros hombres y mujeres, y en especial a los jóvenes.

Estamos convencidos que la visión de “Chile un Laboratorio Natural” es una forma de observarnos que nos puede dar una identidad y diferenciación en el mundo. Nuestro

mundo hoy día se mueve empujado por el conocimiento y la información. Es lo que llamamos la “sociedad del conocimiento”. Es en ese espacio donde la visión “Chile Laboratorio Natural” nos sitúa.

Nuestro centro de gravedad económico-cultural, ya no está en los recursos naturales, más allá que continuarán siendo un pilar clave de nuestro desarrollo. Pensarnos como laboratorio natural, significa mirarnos desde nuestro territorio como lugar privilegiado para indagar sobre los orígenes y el futuro del planeta y la humanidad.

Cuando miramos a Chile desde los grandes Observatorios astronómicos instalados en los áridos desiertos del norte, desde el extremo sur en el continente antártico o los espacios de diversidad biológica subantártica, únicos en el planeta, desde nuestras regiones de clima mediterráneo que nos conecta con California, Sudáfrica y Australia, estamos hablando de una identidad que nos muestra como un espacio geográfico y humano que es único y atractivo para el mundo.

Esas características que nuestro país tiene en los cielos oscuros y limpios, nuestros desiertos con la más intensa radiación del planeta, los bosques subantárticos más australes del mundo, la fría corriente de Humboldt, asentamientos humanos ancestrales junto a modernas ciudades que crecen vertiginosamente, o un territorio vivo por sus continuos asentamientos sísmicos y sus fuentes geotérmicas, es lo que llamamos “laboratorios naturales”.

Mirado de esta forma, el territorio de Chile, incluido su mar patrimonial y su proyección antártica, es un enorme espacio natural en que es posible estudiar, investigar, observar, gozar y a veces sufrir, lo que es nuestro planeta. Desde aquí podemos estudiar los daños que le producimos y también imaginar sus remedios.

Quien primero habló de este concepto fue el científico, Premio Nacional de Ciencias José Miguel Aguilera, quien abre la serie de artículos incluidos en esta edición del Boletín DECYTI. A partir de su visionaria reflexión, tenemos hoy día un relato sólido y fundado de lo que somos en el concierto mundial y cómo podemos ser reconocidos.

Continúa en página siguiente...

**Embajador Gabriel Rodríguez**

Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Chile, con estudios de Licenciatura en Filosofía en la misma universidad y cursos de postgrado en economía en la Universidad de Oxford, St. Anthony's College, Gran Bretaña.

Desde 1999, como Director del Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, el Embajador Rodríguez ha estado a cargo de las negociaciones internacionales en energía, ciencia, tecnología, y capital humano, así como responsable de la internacionalización de programas nacionales en las áreas de innovación, investigación y desarrollo (I+I+D). Se desempeña también como miembro del Consejo de Innovación para el Desarrollo (CNID), Secretario Ejecutivo del Plan Chile-California, una iniciativa lanzada en 2008 por el gobierno para desarrollar una relación bilateral estratégica y como coordinador en Chile del Plan Chile-Massachusetts. Desde el año 2009, el Embajador Rodríguez ha estado a cargo de las negociaciones internacionales para la instalación y operación en Chile de los telescopios ópticos y radioastronómicos de última generación. Entre ellos el GMT, LSST, E-ELT, TAO, CCAT y ALMA.

## EDITORIAL

### Continuación

Esta oportunidad es magnífica, pero también es fuente de obligaciones. Nuestros laboratorios naturales no estarán siempre allí, debemos cuidarlos y desarrollar una cultura ciudadana responsable y ser capaces de proyectar esa responsabilidad que asumimos ante el resto del mundo.

En este número hemos querido presentar una serie de artículos originalmente publicados en la Revista Universitaria de la Universidad Católica, que nos muestran, a través de connotados hombres y mujeres de ciencia, lo

que son estos “laboratorios naturales” en términos de biodiversidad extrema, el mar, los asentamientos humanos, los cielos oscuros, la actividad sísmica, las ciudades emergentes, la radiación solar y la Antártica.

Aprovecho esta oportunidad para agradecer muy sinceramente la valiosa colaboración de los editores de la Revista Universitaria, quienes acogieron con generosidad nuestra intención de difundir el contenido de este número de la revista a través del boletín DECYTI.



© EXPLORA CONICYT

139  
JUNIO - JULIO  
REVISTA  
UNIVERSITARIA



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

# Chile *territorio* **vivo**



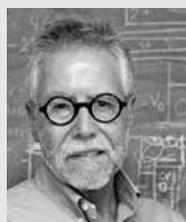


# País abierto *a la* investigación

Tenemos los cielos más claros, los terremotos más temibles y el asentamiento humano más antiguo de América. Los laboratorios naturales abundan en nuestro territorio. El concepto fue impulsado en Conicyt el año 2013. El término pretende identificar las áreas donde tenemos ventajas comparativas que nos permitan asociarnos con científicos a nivel mundial y transformarnos en un polo de desarrollo.

Por **JOSÉ MIGUEL AGUILERA RADIC**

Fotografías **CRISTÓBAL CORREA MONTALVA** y **ALEJANDRO PÉREZ-MATUS**



**JOSÉ MIGUEL AGUILERA RADIC.** Es ingeniero civil industrial de la UC, MBA en la Universidad de Texas A&M, Estados Unidos y magíster en Tecnología de Alimentos del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Además es doctor en Ciencia de los Alimentos de la Universidad de Cornell y profesor de la Facultad de Ingeniería UC desde 1981. En 2008 obtuvo el Premio Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnológicas por su aporte en el estudio de las estructuras de los alimentos y fue presidente de Conicyt entre 2010 y 2013.

## PUNTO DE QUIEBRE

Fue el año 2000 cuando el economista Jeffrey Sachs propuso un nuevo mapa del mundo. Desde entonces, más que en ideologías el planeta comenzó a dividirse según su nivel de desarrollo tecnológico. Chile está entre las naciones que adoptan tecnologías extranjeras.

Fuente: *The Economist*, 22 de junio, año 2000.

- **Innovadores tecnológicos.**  
Corresponde al 15% de la población mundial. Son las naciones que desarrollan casi todas las innovaciones del mundo.
- **Países que adoptan innovaciones tecnológicas.**  
La población mundial que es capaz de adoptar esas tecnologías en la producción y el consumo.
- **Excluidos de la tecnología.**  
Las naciones que están desconectados en materia tecnológica. No desarrollan innovaciones en el hogar, ni han adoptado tecnologías extranjeras. Corresponde a alrededor de un tercio de la población mundial.

Existe a escala mundial una enorme “nube de conocimiento” que crece a una velocidad impresionante, y a la que se accede libremente. En este estado de cosas, es difícil encontrar espacios para el descubrimiento que sean novedosos.

# E

l conocimiento científico es fundamental para el desarrollo socioeconómico y cultural de países emergentes como el nuestro. La Ciencia y la Tecnología nos cambian la vida imperceptiblemente, casi siempre para bien. Sin embargo, su avance requiere de cuantiosos recursos, los cuales pueden ser destinados a otras opciones que también mejoran la calidad de vida, como la salud, la vivienda y la educación primaria. La ventaja de estas últimas alternativas es que son más tangibles, tienen impacto en el corto plazo y atraen la atención de los políticos y tomadores de decisiones. Esto nos llevó a preguntarnos en Conicyt, mientras yo era su presidente, si había alguna otra manera de hacer ciencia que fuera atractiva para los científicos, “vendible” a la clase política y, a la vez, relevante para nuestra nación y el mundo. La experiencia demuestra que en las últimas décadas los gobiernos han estado abiertos a financiar ideas interesantes en investigación científico-tecnológica. De hecho, el presupuesto de Conicyt se triplicó en el período 2008-2014 y la inversión fiscal apoyó instrumentos nuevos como los proyectos Basales, la Iniciativa Científica Milenio, Becas Chile y el Fondecap (Fondo de Equipamiento Mediano), entre otros. Iniciativas desde Corfo, como los Centros Internacionales de Excelencia en I+D, dieron una señal de apertura a la colaboración con el mundo desarrollado.



**Los laboratorios naturales que se presentan son ejemplos que muestran que la “astronomización” de la ciencia chilena se está instalando. Pero hay que descubrirlos y necesitan de “adalides” que los impulsen con dedicación y pasión.**

Hoy en día la ciencia y sus aplicaciones no reconocen fronteras y existe a escala mundial una enorme “nube de conocimiento” que crece a una velocidad impresionante, y a la que se accede libremente. En este estado de cosas, es difícil encontrar espacios para el descubrimiento que sean novedosos o provocadores y no meras adiciones marginales a una disciplina. Por otra parte, el establecimiento de masas críticas para que la lluvia de esta nube sea fértil requiere incrementar rápidamente el número de expertos en nuestro país y seducir a investigadores extranjeros a través de una cooperación internacional que responda preguntas originales y ofrezca oportunidades únicas.

## DAVID CONTRA GOLIAT

Mi idea sobre los laboratorios naturales empieza a tomar forma a partir de dos vivencias mientras era presidente de Conicyt. La primera fue en el Palacio de La Moneda, cuando el Presidente Piñera recibió al australiano Brian Schmidt, Premio Nobel de Física 2011, y le dio la bienvenida en la que creía era su primera visita al país. Schmidt le respondió: “Presidente, ¡he venido a Chile más de veinte veces!”. Es que la mayoría de los astrónomos de talla planetaria han hecho observaciones desde nuestro territorio. La segunda fue en

una entrevista en la Universidad de Columbia con el destacado economista Jeffrey Sachs, experto en el rol de la Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de países emergentes. A principios de los años 90, Sachs había propuesto un mapa mundial basado en la capacidad de producir y/o adoptar tecnología (ver figura) y sugerido nuevas formas de relación entre países generadores de conocimiento y regiones excluidas de la CyT. Tímidamente le expuse que teníamos laboratorios naturales únicos para desarrollarnos en este ámbito y le comenté el ejemplo de la Astronomía. Me miró y me dijo: “*That’s an excellent idea*”. Tras estudiar en dos universidades de la Ivy League, sé que cuando uno de sus profesores dice esto es porque realmente lo cree.

El término “laboratorio” nos evoca un espacio dedicado a la experimentación científica en el más amplio uso del término (incluyendo las Ciencias Sociales, Artes y Humanidades). Un laboratorio natural es una singularidad o anomalía que se puede deber, entre otras causas a un hito geográfico o geofísico único (como un sitio arqueológico, un ecosistema local, una falla geológica o un volcán activo); el legado de una tradición científica o la eclosión natural de una masa crítica de expertos; y la implementación de una política pública de largo plazo que requiere de la generación de conocimiento científico para resolver un problema (por ejemplo la desnutrición infantil en Chile o la sustitución de combustibles fósiles en Brasil). Ellos explotan las ventajas comparativas que tienen los países en este aspecto y los apartan de una competencia casi fútil, donde es difícil que un pobre “David” le haga mella a los acaudalados “Goliat” de la ciencia mundial.

Las páginas siguientes exponen en palabras de destacados investigadores nacionales e internacionales, la visión de por qué su quehacer es relevante para Chile y singular para el mundo. Astronomía, sismología, oceanografía, energías renovables, poblamiento temprano, biodiversidad, cambio climático y megaciudades son los temas que convocan. La lectura nos hace recorrer al Chile único para el conocimiento, desde un asoleado desierto hasta la gélida Antártica y de los límpidos cielos precordilleranos a las profundidades del Océano Pacífico.

Me ha impresionado lo recurrente que son los términos “interdisciplinario”, “transdisciplinario” y “multidisciplinario”, lo que revela otra característica peculiar de los laboratorios naturales: atraen e integran a muchas áreas del conocimiento y, en particular, de las Ciencias Sociales, pues ellos deben establecerse y convivir con comunidades locales. También de las humanidades, para conformar un relato que dé contexto y sentido a las acciones.

**La lectura nos hace recorrer al Chile único para el conocimiento, desde un asoleado desierto hasta la gélida Antártica y de los límpidos cielos precordilleranos a las profundidades del Océano Pacífico.**



# Chile Laboratorio Natural

## DIFUSIÓN DEL CONCEPTO.

Conicyt convirtió a los laboratorios naturales en el tema del año 2013 y organizó múltiples actividades para promoverlo. El Metro de Santiago realizó una campaña y Explora, por su parte, divulgó el tema en colegios, ferias científicas y calles del país.

Por razones de espacio han quedado fuera muchos casos que ameritan con creces ser analizados:

- Los pescadores y cazadores recolectores de la cultura Chinchorro, quienes habitaron la costa del desierto de Atacama a partir del siglo VII a.C., son un ejemplo de asentamiento humano temprano en un ambiente hostil. Esta cultura es reconocida a nivel mundial por sus ritos funerarios. Ellos fueron los primeros humanos en momificar artificialmente a sus muertos, doscientos años antes que los egipcios.
- Nuestra loca geografía posee variadas condiciones que favorecen la presencia de organismos extremófilos. Entes microscópicos que viven en ambientes de altas o bajas temperaturas (géiseres y lagos subterráneos en la Antártica, respectivamente), excesiva salinidad o presencia de compuestos azufrados, mínima humedad (en el desierto de Atacama) o bajo altas presiones como en el fondo marino. Su genómica puede contener secretos importantes para entender la vida en nuestro planeta y también para derivar aplicaciones en biominería y la producción de fuentes sustentables de energía, entre otras.
- Chile es un paraíso fitosanitario naturalmente protegido contra muchas plagas que afectan a la producción agropecuaria. Además, es una de las cinco regiones del mundo propicias para el cultivo de alimentos que constituyen la dieta mediterránea, una de las más saludables que se conocen. Esta es una invitación a constituirnos en el siglo XXI en exportadores de alimentos naturales saludables y poseedores de una gastronomía de nicho.
- Tenemos la mayor superficie de glaciares en Sudamérica, cuyo monitoreo es fundamental para entender el efecto del cambio climático en el hemisferio sur.

Estos ejemplos y los que se proponen en los artículos de este número revelan otra particularidad muy importante: la gran mayoría están situados en regiones. Por tanto, son una solución “natural” para el desarrollo de estas zonas, complementando o sustituyendo las alternativas ficticias hasta ahora ensayadas que emulan a escala menor lo que se hace en la gran metrópolis. En los artículos que siguen se presentan casos que muestran que la “astronomización” de la ciencia chilena se está instalando. Pero los laboratorios naturales hay que descubrirlos y necesitan de “adalides” que los impulsen con dedicación y pasión.

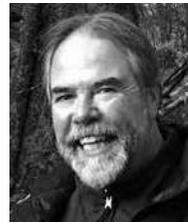
Agradezco en primer lugar a los autores de los textos, quienes hicieron una pausa en sus ocupadas agendas para preparar los manuscritos en tiempo récord; a Fernando Flores, expresidente del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC), que enganchó rápidamente con la idea (a pesar de que al comienzo pensó que la había “googleado”); a Carolina Moreno que me ayudó en Conicyt a recopilar y analizar antecedentes sobre este tema y a Miguel Laborde, director de *Revista Universitaria*, quien acogió mi sugerencia de publicar estos textos con entusiasmo pero, sobre todo, con cariño. ▀

## PARA SEGUIR LEYENDO

“Laboratorios naturales para una ciencia de clase mundial”. En *Surfeando hacia el Futuro*, pp. 164-169. Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, Chile. Aguilera, J.M. 2013.

Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología [www.conicyt.cl](http://www.conicyt.cl)  
*The Age of Sustainable Development*. Columbia University Press, Nueva York. Sachs, J. 2015.





**RICARDO ROZZI MARÍN.** Es filósofo y biólogo, profesor titular en la Universidad del Norte de Texas, en Estados Unidos y en la Universidad de Magallanes (UMAG). Su investigación combina ambas disciplinas a través del estudio de las interrelaciones entre los modos de conocer y de habitar el mundo natural, proponiendo un *feedback* continuo y dinámico entre ambos dominios. Es director del programa de Conservación Biocultural Subantártica, e investigador del Instituto de Ecología y Biodiversidad.

# La cumbre forestal *del fin del mundo*

La ecorregión subantártica de Magallanes, que se extiende entre el Golfo de Penas y la isla Hornos, no tiene réplica en el planeta. Esta región constituye el centro de biodiversidad más austral del mundo. Además es una de las últimas 24 zonas prístinas de la Tierra en el siglo XXI: conserva más del 70% de la vegetación original, posee una de las densidades poblacionales humanas más bajas y carece de desarrollo industrial significativo.

Por RICARDO ROZZI MARÍN  
Fotografías ADAM WILSON y NICOLE SAFFIE GUEVARA

# A

sí como el monte Everest es la cima de mayor altitud en el mundo, el Cabo de Hornos constituye el punto forestado de mayor latitud en el Hemisferio Sur y la cumbre austral del continente americano. Por su posición altitudinal o latitudinal, ambas están sujetas a condiciones climáticas únicas y extremas, un atributo que adquiere gran relevancia cuando confrontamos un cambio climático global. Con esta afirmación iniciamos el documento presentado ante la Unesco para crear la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos (RBCH), hecho que se concretó el año 2005.

“Ser una locación única a nivel mundial, que puede abarcar desde un territorio hasta un hito geográfico o geofísico” es el primer atributo que define un laboratorio natural. Para constituirse como tal se requieren otras dos cualidades: la definición e implementación de una política pública enfocada a un problema u oportunidad de relevancia nacional y/o global, y desarrollar una masa crítica en alguna disciplina que haya alcanzado impacto internacional. Cabo de Hornos sobresale en estas tres propiedades y hoy representa un sitio único que posiciona a Chile como líder mundial debido a su privilegiada posición geográfica; su modelo institucional de reserva de biosfera que incluye una red de colaboración transdisciplinaria local, nacional e internacional y su innovadora aproximación biocultural que integra las ciencias, las artes y la ética.

**En Cabo de Hornos hemos establecido un programa que recupera la comprensión de los vínculos indisolubles entre los hábitos de vida y los hábitats donde estos tienen lugar, incluidas las interrelaciones con las comunidades de cohabitantes de diversas especies. Esta integración contrasta con las principales escuelas de la ética moderna, que se centran exclusivamente en las conductas humanas.**

#### **BOSQUES MILENARIOS.**

Esta zona constituye el punto forestado más austral del mundo, ubicado 10 grados de latitud más al sur que los bosques de Nueva Zelanda y Tasmania (47°S).





#### LUPA BIOCULTURAL.

Chile es reconocido por los observatorios astronómicos y sus telescopios para explorar el cosmos desde Atacama. Al mismo tiempo la ciencia y el ecoturismo con lupa han impulsado la exploración, desde el Cabo de Hornos, de su exuberante biodiversidad y sus valores ecológicos.

## ÚNICO EN EL PLANETA

Hasta el año 2000 la singularidad biogeográfica del sudoeste de Sudamérica permanecía invisible para la ciencia, la política y la sociedad, debido a la prevalencia de la imagen de la Patagonia. Esta evoca principalmente el sudeste de América del sur, caracterizado por la estepa árida y plana, habitada originalmente por pueblos cazadores terrestres y, en el período postcontacto europeo, por gauchos y estancieros ganaderos y petroleros. En contraste, en el margen sudoeste del continente la región es lluviosa, montañosa y boscosa, ocupada por pueblos canoeros marítimos y en los últimos cinco siglos por navegantes, exploradores europeos, pescadores y la Armada de Chile.

Estos archipiélagos chilenos permanecían como *terra incognita* y por eso propuse llamarlos ecorregión subantártica de Magallanes. Este nombramiento facilita descubrirla y reconocerla en su singularidad. En contraste con Norteamérica, que presenta una vasta masa continental en latitudes templadas y subárticas, las latitudes altas de Sudamérica convergen hacia un ápice embebido en el mar. En consecuencia, la zona subantártica posee un clima oceánico con temperaturas moderadas en invierno y verano que contrastan con las marcadas temperaturas bajas y altas de las regiones subárticas.

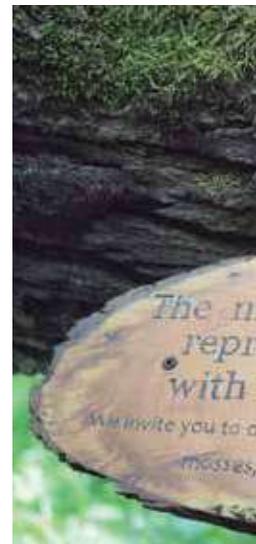
El año 2000 creamos el Parque Etnobotánico Omora, en la isla Navarino, como laboratorio natural subantártico (que limita con la región antártica) con programas de investigación, educación y conservación biocultural. En 2005 creamos la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos e identificamos a la ecorregión subantártica de Magallanes como un lugar que provee ventajas comparativas únicas para el país, con al menos diez atributos únicos a nivel mundial. Los tres primeros son: constituye el punto forestado más austral del mundo, ubicado 10 grados de latitud más al sur que los bosques australes de Nueva Zelanda y Tasmania (47°S). Por lo tanto, la ecorregión subantártica de Magallanes, que se extiende entre el Golfo de Penas y la isla Hornos (56°S), no tiene réplica en el planeta y carece de ecosistemas equivalentes latitudinales en el Hemisferio Sur.

Además, es una de las últimas 24 regiones prístinas del planeta en el siglo XXI. Conserva más del 70% de la vegetación original, posee una de las densidades poblacionales humanas más bajas y carece de desarrollo industrial significativo. A todo esto se suma que es un centro mundial (*hotspot*) de flora no-vascular (musgos, hepáticas). Este descubrimiento ha transformado los paradigmas para evaluar la riqueza de la biodiversidad en latitudes altas, las políticas de conservación y el desarrollo del turismo de intereses especiales.

**El Parque Omora ha innovado a nivel mundial al plantear en investigación una ética biocultural que contrarresta esta “ceguera”, mediante la integración de las interrelaciones vitales entre el bienestar de los cohabitantes, sus costumbres y la conservación de los ambientes donde estos tienen lugar.**

### PARQUE ETNOBOTÁNICO OMORA.

El sitio fue creado gracias a la iniciativa del autor de este artículo, apoyado por el equipo docente de la Universidad de Magallanes. El programa de investigación y educación del parque, ha establecido conceptos y metodologías para observar, valorar y proteger el extremo austral de Sudamérica.



## EL CENTRO SUBANTÁRTICO CABO DE HORNO

El carácter de “frontera” de este lugar es un estímulo para pensar su presente y su futuro. Esta dimensión institucional condujo secuencialmente a la creación del Parque Etnobotánico Omora (2000); al cambio de nombre de la comuna de Navarino a Cabo de Hornos (2001); al establecimiento del Centro Universitario UMAG-Puerto Williams (Universidad de Magallanes, 2002) y del Programa Internacional de Conservación Biocultural Subantártica (UMAG-Universidad del Norte de Texas, 2005).

Además, posibilitó la cofundación de la Red Chilena de Sitios de Estudios Socio-Ecológicos a Largo Plazo (LTSER-Chile, 2008), coordinada por el Instituto de Ecología y Biodiversidad de Chile, que hoy suma la colaboración de la Universidad Católica, para inaugurar en 2017 el Centro Subantártico Cabo de Hornos en Puerto Williams. Este centro asumirá el desafío de orientar la trayectoria ecosocial del lugar, donde se pueda ensayar un modelo de desarrollo sustentable que integre el bienestar socioeconómico y biocultural, asociado al concepto de reserva de biosfera.

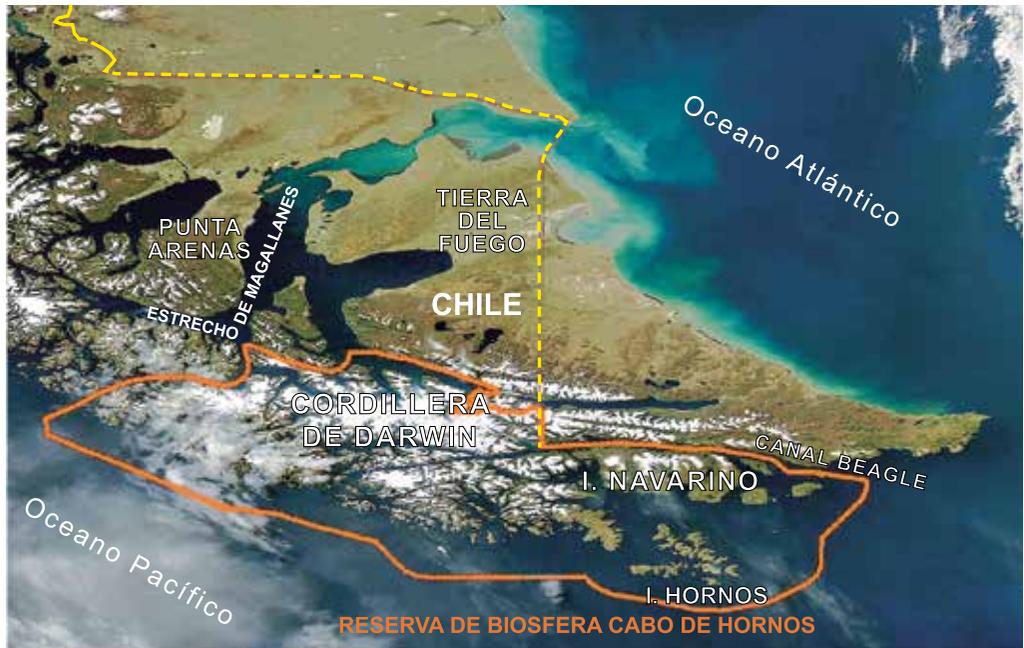
Chile es reconocido por los observatorios astronómicos y sus “telescopios” para explorar el cosmos desde Atacama. Al mismo tiempo la ciencia y el ecoturismo con lupa han acuñado el concepto de “lupa biocultural”, para explorar desde el Cabo de Hornos la exuberante biodiversidad y sus valores ecológicos, económicos, estéticos y éticos.

## ÉTICA BIOCULTURAL DESDE EL SUR DEL MUNDO

Existen “múltiples Chiles” y el “mundo es múltiples mundos” en sus realidades biofísicas y culturales. En Cabo de Hornos hemos establecido un programa que recupera la comprensión de los vínculos indisolubles entre los hábitos de vida y los hábitats donde estos tienen lugar, incluidas las interrelaciones con las comunidades de cohabitantes de diversas especies.

Esta integración contrasta con las principales escuelas de la ética moderna, que se centran exclusivamente en las conductas humanas, sin considerar el medio en el que se desenvuelven. Como si los individuos y sus identidades pudieran existir en aislamiento de su medioambiente.





Esta ecorregión es un centro mundial o *hotspot* de flora no-vascular (musgos, hepáticas). Este descubrimiento ha transformado los paradigmas para evaluar la riqueza de la biodiversidad en latitudes altas, las políticas de conservación y el desarrollo del turismo de intereses especiales.

Bajo la ausencia de este término en su horizonte conceptual, la ética moderna que prevalece en la sociedad global es esencialmente antropocéntrica y promueve programas educativos y políticas de desarrollo uniformes. Con frecuencia estos provocan grandes pérdidas de diversidad biológica y cultural, que a la vez conllevan injusticias socioambientales. El Parque Omora ha innovado a nivel mundial al plantear en investigación una ética biocultural que contrarresta esta “ceguera”, mediante la integración de las interrelaciones vitales entre el bienestar de los cohabitantes, sus costumbres y la conservación de los ambientes donde estos tienen lugar.

El Parque Omora ha establecido conceptos y metodologías para observar, valorar y proteger el extremo austral de

Sudamérica desde la macroescala planetaria hasta la microescala de los pequeños seres vivos. Junto con ello releva las formas de saber y los valores que hoy quedan frecuentemente inadvertidos por la educación, la toma de decisiones, la cultura chilena y global.

El Centro Subantártico Cabo de Hornos, apoyado por el gobierno regional, consolidará un programa que contribuye a una mejor comprensión del territorio y posiciona geopolíticamente a la capital de la Provincia Antártica Chilena. Este objetivo se alcanzará a través del prestigio que nazca de una investigación científica interdisciplinaria mundial, que entregue una orientación ética para alcanzar la sustentabilidad de la vida planetaria. 🏠

**POR UN MODELO DE DESARROLLO SUSTENTABLE.**

Abajo imágenes del proyecto arquitectónico del Centro Subantártico Cabo de Hornos. Para esta obra colaboran varias instituciones, entre ellas, la Universidad Católica.



**PARA LEER MÁS**  
 “Primera década de investigación y educación en la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos: el enfoque biocultural del Parque Etnobotánico Omora”. Ricardo Rozzi y Elke Schüttler, Anales Instituto Patagonia (Chile), 2015. Vol. 43(2):19-43.  
[www.omora.org](http://www.omora.org)



**OSVALDO ULLOA QUIJADA**

Es biólogo marino de la Universidad de Concepción, master of science en Biología Marina y doctor en Oceanografía por la Universidad de Dalhousie, Canadá. Es académico del departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción e investigador del Instituto Milenio de Oceanografía.



# *Un mar de conocimiento*

Más de un 70% del territorio chileno está en el océano. Sin embargo, somos testigos de siglos de ignorancia y de conductas que no aseguran su conservación. Tenemos las aguas naturales más claras del planeta, una de las mayores zonas de mínimo oxígeno frente al norte del país y áreas de gran valor de investigación como la Fosa de Atacama. Razones sobran para convertirlo en un lugar para la exploración y la ciencia extrema.

Por OSVALDO ULLOA QUIJADA

Fotografías ALEJANDRO PÉREZ-MATUS Y CRISTÓBAL CORREA MONTALVA

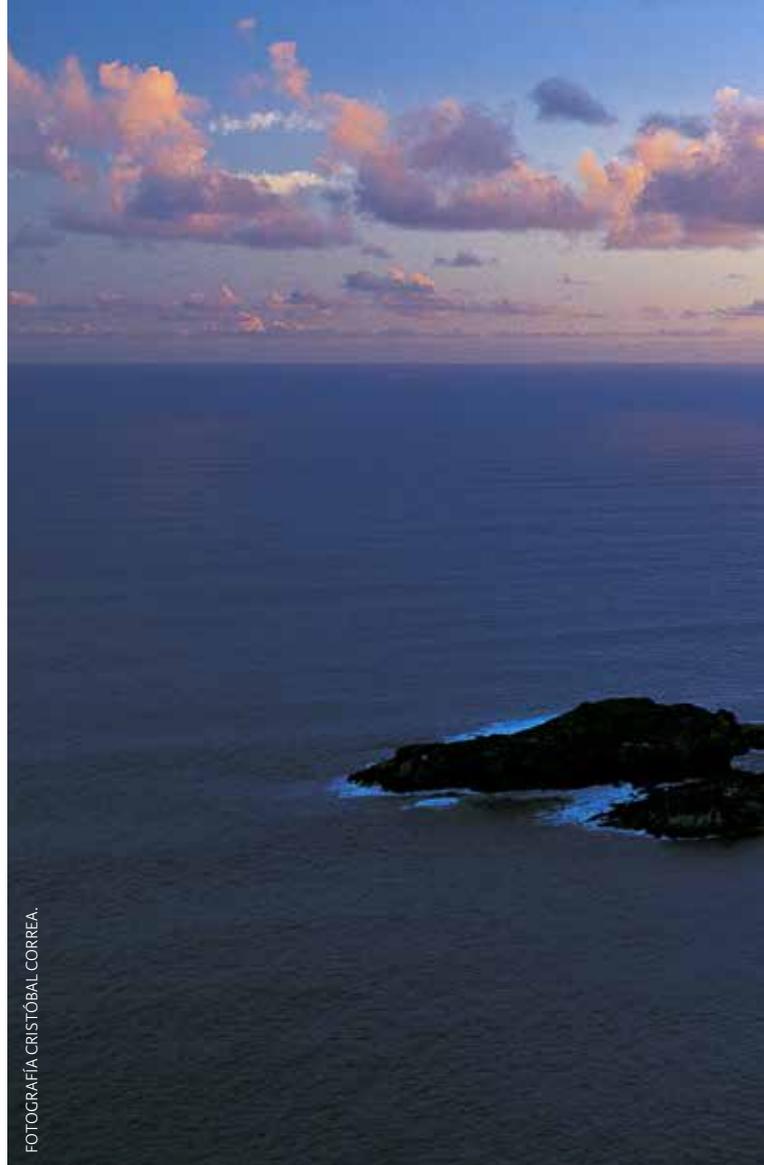
**E**l océano es la característica física de nuestro planeta Tierra que modula el clima, impidiendo que, por ejemplo, la temperatura fluctúe entre brutales extremos. Además nos provee de alimentos, energía y un medio para el transporte. También contribuye—a través de la fotosíntesis que realiza el plancton— con el 50% del oxígeno que respiramos.

Chile se proyecta geográficamente en todo su largo al Océano Pacífico Sur, la mayor región oceánica y una de las últimas fronteras inexploradas del planeta (figura 1). Por lo mismo, debiera ser nuestra fuente de esperanza, inspiración y oportunidades para el futuro.

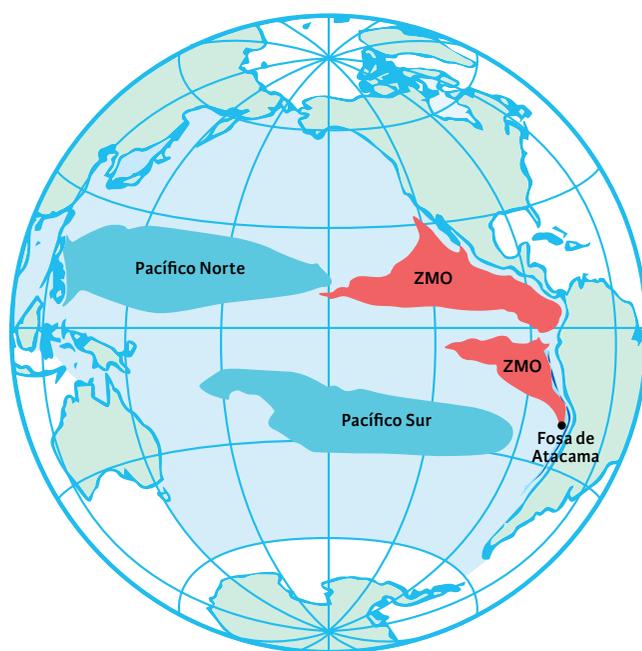
## UN DESIERTO AZUL VIOLETA

A menudo escuchamos decir que tenemos los cielos más despejados del mundo (base de la presencia de los grandes telescopios y del desarrollo de la Astronomía en Chile), pero lo que la mayoría desconoce es que, además, tenemos las aguas naturales más claras del planeta. Estas se encuentran en torno a Rapa Nui formando parte del giro subtropical del Pacífico Sur, la región más grande y menos explorada del océano mundial. Sus capas superficiales iluminadas presentan las concentraciones de microalgas (base de la trama alimentaria, y que en la jerga oceanográfica se conoce como fitoplancton) más bajas reportadas en la literatura científica. Son tan transparentes que su color deja de ser azul para transformarse en violeta. Pero no solo la columna de agua es pobre en vida, los sedimentos de las planicies del fondo marino en esta región también presentan reducidas concentraciones de seres vivos y niveles de actividad biológica, incluso microbiana. El giro central del Pacífico Sur constituye literalmente un “desierto oceánico”.

Sin embargo, a pesar de su extensión e importancia para el sistema climático, y de ser uno de los ambientes más extremos de nuestro planeta, su conocimiento es muy limitado. Ignoramos la mayor parte de las especies que viven allí y las estrategias para sobrevivir en este desierto azul-violeta. Esto contrasta con observaciones recientes realizadas con sensores satelitales que muestran su expansión en las últimas décadas. Este fenómeno podría estar relacionado con cambios en la circulación oceánica de gran escala y a una mayor estratificación de la columna de agua, debido al calentamiento global por el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico.



FOTOGRAFÍA CRISTÓBAL CORREA.



Fuente: Instituto Milenio de Oceanografía (IMO).

### REGIÓN CLAVE (figura 1).

Chile se proyecta geográficamente en todo su largo al Océano Pacífico Sur, la mayor área oceánica y una de las últimas fronteras inexploradas del planeta. En la figura podemos ver tres zonas claves de exploración científica, el giro subtropical del Pacífico Sur que rodea a Rapa Nui, la Fosa de Atacama y la zona de mínimo oxígeno que se sitúa frente al norte de Chile y gran parte de Perú.



La mayoría desconoce que tenemos las aguas naturales más claras del planeta. Estas se encuentran en torno a Rapa Nui formando parte del giro subtropical del Pacífico Sur, la región más grande y menos explorada del océano mundial.



FOTOGRAFÍA ALEJANDRO PÉREZ-MATUS.

**PIONEROS.**

El laboratorio de Osvaldo Ulloa fue el primero en aplicar técnicas moleculares para conocer la diversidad de las bacterias que habitan la columna de agua de la zona de mínimo oxígeno del Pacífico Sudoriental. Esto llevó a que científicos de diversas partes del mundo vinieran a Chile a colaborar en varios hallazgos posteriores, que han ayudado a aumentar nuestro conocimiento sobre estas áreas del mar.



FOTOGRAFÍAS INSTITUTO MILENIO DE OCEANOGRAFÍA (IMO)

### INVERSIÓN CIENTÍFICA.

El país cuenta recientemente con uno de los buques de investigación oceanográfica y pesquera más modernos del mundo, el Cabo de Hornos. Con él es posible realizar exploraciones e investigación avanzada.

Por otro lado, gracias al registro geológico sabemos que, durante más de la primera mitad de la edad de la Tierra, no existía prácticamente nada de oxígeno en la atmósfera, ni menos en los océanos. Además, los únicos habitantes de nuestro planeta eran los microorganismos. Hoy la situación es muy distinta, salvo en regiones conocidas como “zonas de mínimo oxígeno”. Aquí no es posible detectar oxígeno disuelto en una buena parte de la columna de agua y solo existen microorganismos. Una de estas áreas se encuentra frente al norte de Chile (y gran parte del Perú). En ella se han hecho importantes descubrimientos científicos en los últimos años, que han cambiado varios de los paradigmas de cómo funcionan estos ambientes. El trabajo ha sido realizado por investigadores chilenos en colaboración con expertos de importantes centros de investigación de Europa y Norteamérica.

Pero los organismos que allí habitan no solo tienen que lidiar con la falta de oxígeno, sino que también con un menor pH por la mayor cantidad de  $\text{CO}_2$  disuelto en sus aguas. Entender qué controla la dinámica y las características químicas de las aguas deficientes de oxígeno y de bajo pH, y cómo los organismos modernos se adaptan a sus condiciones químicas extremas, sigue siendo un gran desafío científico. Esto es crítico cuando se tiene en cuenta que debido al cambio global los mares se están acidificando (por el aumento del  $\text{CO}_2$  atmosférico) y desoxigenando (por el aumento de la temperatura y estratificación) en forma significativa. Son cambios irreversibles que se producirán en los próximos siglos.

**Nuestro desafío es llegar a ser protagonistas de la ciencia oceanográfica mundial y contribuir a dar respuestas a los principales retos de nuestro tiempo, en los que el mar es ciertamente un elemento crucial.**

### TRINCHERAS OCEÁNICAS

Uno de los hábitats más remotos, extremos y escasamente explorados de la Tierra son las trincheras o fosas oceánicas. Son ellas las regiones del mar con las mayores profundidades (más de seis mil metros), lo que representa grandes dificultades logísticas para su acceso, debido principalmente a las altas presiones. Por lo mismo, se desconoce casi completamente cómo circula el agua en ellas, qué especies viven allí y cuáles son sus mecanismos de adaptación a las altísimas presiones. El rol que las fosas juegan en el ciclo global del carbono también es una pregunta científica abierta.



**SIN FRONTERAS.**  
Si bien el Océano Pacífico nos separa físicamente de otras naciones, también nos une de muchas maneras. Sus aguas en continuo movimiento y sus abundantes formas de vida no respetan fronteras humanas.

La Fosa de Atacama, a muy pocos kilómetros de nuestra costa y con una profundidad máxima de unos ocho mil cien metros, es una de las menos exploradas en el contexto mundial. Actualmente existe un gran interés por parte de investigadores extranjeros de realizar expediciones a ese lugar en los próximos años. Para la ciencia nacional participar de estas iniciativas debieran representar –sin duda– un gran desafío y oportunidad.

El Océano Pacífico, si bien nos separa físicamente de otras naciones, también nos une de muchas maneras. Sus aguas en continuo movimiento y sus abundantes formas de vida no respetan fronteras humanas. Procesos que ocurren en él afectan a personas que están muy separadas en el mundo, por ejemplo, a través de las ondas de un tsunami que golpea costas lejanas, o los cambios dramáticos en los patrones climáticos que se generan por el fenómeno de El Niño, creando inundaciones a algunos países y sequías en otros. También regiones del mar chileno constituyen un oasis de biodiversidad para el gran ecosistema marino, por ejemplo en las islas oceánicas y montes submarinos.

Nuestro país cuenta recientemente con uno de los buques de investigación oceanográfica y pesquera más modernos del mundo, el Cabo de Hornos. Con él es posible realizar exploraciones e investigación avanzada en el gran laboratorio natural que es el Pacífico Sudoriental. El desafío es llegar a ser protagonistas de la ciencia oceanográfica mundial y contribuir a dar respuestas a los principales retos de nuestro tiempo, en los que el mar es ciertamente un elemento crucial. 📌



**RIQUEZA MARINA.**  
Diferentes regiones del mar chileno constituyen un oasis de biodiversidad para el gran ecosistema marino, por ejemplo en las islas oceánicas y montes submarinos.

FOTOGRAFÍAS ALEJANDRO PÉREZ-MATUS.

## ¿Qué es una zona de mínimo oxígeno?

Son masas de aguas donde el oxígeno escasea y que, en el caso del norte de Chile, se encuentran entre los 100 y los 400 metros de profundidad. Los científicos han logrado establecer que estas inicialmente se forman en otras regiones y en contacto con la atmósfera, donde –entre otras cosas– se saturan de oxígeno para luego descender y comenzar a viajar por el océano. Desde ese punto de vista, las zonas de mínimo de oxígeno son masas de agua más antiguas y que llevan mayor tiempo sin tomar contacto con la superficie.

Menos del 1% del volumen de todos los océanos presentan “zonas de mínimo de oxígeno”. Las tres zonas mayores a nivel mundial se ubican en el Pacífico Sudoriental, en el Pacífico Nororiental y en el Mar Árabe.

Fuente: Armada de Chile.

**ZONA DE INVESTIGACIÓN.**  
Imagen aérea del arroyo  
Chinchihuapi y del sitio  
Monte Verde II.

FOTOGRAFÍA MARIO PINO



**MARIO PINO QUIVIRA**

Es geólogo titulado por la Universidad de Chile y doctorado por el Instituto de Geología y Paleontología de la Universidad de Münster, Alemania. Actualmente se desempeña como director de la Escuela de Geología, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile, donde además ejerce como profesor. Integró el equipo de antropólogos, geólogos y botánicos que, liderado por Tom Dillehay, llevó a cabo la investigación en el sitio arqueológico Monte Verde.

An aerial photograph of a rural landscape. A river flows through the scene, surrounded by green fields and a small settlement with several buildings. The image is framed by a white circular line on the left side.

# *Ecós del* *primer* hombre americano

En las cercanías de Puerto Montt se descubrió un sitio único a nivel mundial. Su antigüedad lo convierte en un eslabón fundamental para entender el proceso de las migraciones humanas en la Tierra. Está conformado por restos óseos y un campamento conservado en sus más mínimos detalles, gracias al clima húmedo del sur y a un sedimento oscuro llamado turba. Sin embargo, para entender el paradigma del poblamiento del último continente en ser habitado se requiere, además, una comunidad local imbuida de serendipia y transdisciplina.

Por MARIO PINO QUIVIRA

Fotografías MARIO PINO QUIVIRA, TOM DILLEHAY y CRISTIÁN DUARTE AROS



#### EL VALOR DE LA SERENDIPIA.

Cuando Tom Dillehay, líder de las investigaciones sobre Monte Verde, llegó desde Valdivia y excavó por primera vez el sitio, lo que observó en una pequeña cuadrícula lo hizo reaccionar “serendípicamente” para darse cuenta que estaba frente a un problema antropológico novedoso y muy distinto a lo propuesto por el paradigma “Clovis primero”.

**Han pasado casi 40 años y en 2015 hemos publicado nuevamente acerca de Monte Verde, el laboratorio natural que no deja de sorprendernos. Este lugar me obliga a pararme en el paisaje de hace 15.000 años atrás para poder imaginar y entender la relación de estos primeros humanos y su entorno.**

# A

unque normalmente se entiende por laboratorio natural una singularidad para hacer ciencia y que comprende un territorio con ventajas comparativas únicas a nivel mundial, también se debe agregar a la espacialidad geográfica la dimensión temporal que lo puede hacer excepcional, como es el caso del sitio de Monte Verde, ubicado unos 30 kilómetros al suroeste de Puerto Montt.

El clima húmedo del sur de Chile y su configuración morfológica derivada de las glaciaciones del Cuaternario originan la primera “anomalía”. Aunque cualquier humedal y mucha lluvia es sinónimo de pudrición, estas condiciones originan un sedimento oscuro de origen vegetal, maloliente, plástico y anóxico que permite que ocurra lo opuesto a la descomposición aeróbica: la conservación anaeróbica. Este duende que permite la existencia de los sitios muy antiguos en esta zona se llama turba. Sin embargo, para entender el paradigma del poblamiento del último continente en ser habitado no basta con que exista este elemento, se requiere además una comunidad local imbuida de serendipia y transdisciplina, tal como ocurre en los grupos de investigación donde me he desenvuelto.

La palabra serendipia deriva de un antiguo cuento escrito en 1754 por Horace Walpole, a partir de una fábula persa llamada *Los Tres Príncipes de Serendip*. En esta historia tres hermanos de tal isla –antiguo nombre persa de la isla de Sri Lanka– solucionaban los desafíos de sus vidas y aventuras a través de singulares casualidades. En ciencia este concepto se refiere a una actitud de investigar con una visión muy amplia, no necesariamente centrada en un objetivo medular, que puede originar descubrimientos mucho más interesantes que los reseñados en la hipótesis inicial.

Transdisciplina es mucho más que interdisciplina y multidisciplina. Se produce cuando un grupo de académicos y sus colaboradores, trabajando con pares de muy diversas áreas, aprenden lo más importante de otras ciencias: su lenguaje. Así, un geólogo puede hablar de conceptos arqueológicos, un biólogo recibir el discurso académico de un antropólogo y hacerle preguntas en su propia jerga. Este trabajo (y la vinculación con el medio) necesita ser cooperativo, integrador, sincrónico y sin egoísmos.

## EL “GEOLOCO”

Aunque no cualquier problema puede y necesita ser abordado de esta forma, aquellos que tienen que ver con los humanos y su relación con el ambiente como objetivo central son indispensablemente transdisciplinarios. Para originar una experiencia de conocimiento común hay que enfocarse en la reflexión desde el problema, no a partir de la materia específica de cada investigador, con profundas relaciones de amistad y de confianza plena.

Cuando Tom Dillehay, líder de las investigaciones sobre Monte Verde, llega desde Valdivia y excava por primera vez el sitio, lo que observa en una pequeña cuadrícula le hace reaccionar serendípicamente para darse cuenta que está frente a un problema antropológico absolutamente novedoso y muy distinto a lo propuesto por el paradigma “Clovis primero”. Este proponía que todos los americanos eran descendientes de cazadores de megafauna norteamericanos. A partir de ese momento organiza un trabajo con estrategias, tácticas y asociaciones entre científicos, que fue absolutamente rupturista para la época. En mi caso, yo soy algo entre un geoarqueólogo o un arqueogeólogo en

## Cuatro mil años más antiguo

Luego de múltiples excavaciones, análisis y la publicación de varios estudios, en 1997 se logró demostrar que Monte Verde es el asentamiento humano más antiguo de América, donde quedaron rastros de lo que fue una cultura que pasó por el lugar hace cerca de 15 mil años. La comunidad científica mundial reconoció entonces que los trozos de cuerdas, papas y herramientas de madera y piedra encontrados eran más longevos que los de la cultura Clovis, que vivió entre 12.910 a 12.710 antes del presente en Norteamérica y eran considerados los primeros habitantes del continente. Una revolución del conocimiento arqueológico.

En 2015, dos publicaciones en las revistas *PLOS ONE* y *Science* volvieron a poner a Monte Verde y a la ciencia chilena en el foco de atención del planeta. A casi 40 años de su descubrimiento, el asentamiento dio una nueva sorpresa: es cuatro mil años más antiguo de lo que se había calculado anteriormente.

También determinaron que el momento en que vivieron era muy frío (fin de la Era del Hielo), por lo que el sitio fue un lugar de paso, utilizado, muy probablemente, en verano.

el equipo de investigación, según Tom el “geoloco”. Han pasado casi 40 años y en 2015 hemos publicado nuevamente acerca de este laboratorio natural que no deja de sorprendernos. Este lugar me obliga a pararme en el paisaje de hace 15.000 años atrás para poder imaginar y entender la relación de estos humanos con su entorno.

Monte Verde es único a nivel mundial, ya que su antigüedad lo convierte en un sitio para entender el proceso de las migraciones humanas en la Tierra, pero además está conformado por un campamento conservado en sus más mínimos detalles por la singular turba. Están delicadamente preservados múltiples alimentos vegetales y cárneos, un nudo ballestrinque en una de las estacas que sostenían los vientos de la carpa, donde cabían cerca de 20 personas y decenas de plantas medicinales. Hemos registrado un chicle de boldo que mezcla un alga marina con las hojas de este árbol, de potente efecto analgésico, aunque en la época esta hierba crecía a casi 800 kilómetros de distancia hacia el norte. También encontramos las papas silvestres más antiguas de la humanidad y los primeros carpinteros de Chile, que permiten entender por qué los chilotes construyen iglesias de madera sin clavos.

(continúa en pág. 44)

### HALLAZGOS RECIENTES.

Las últimas excavaciones realizadas en 2013 permitieron recolectar 39 objetos de piedra y residuos de 12 pequeñas fogatas, las que fueron datadas entre 14 mil 500 y 18 mil 500 años antes del presente.

FOTOGRAFÍA GENTILEZA DIARIO EL LLANQUIHUE.





**PUNTA DE PROYECTIL.**

Pieza arqueológica de riolita, recuperada en el periodo del Pleistoceno tardío, en el sitio Chinchihuapi I.

FOTOGRAFÍA TOM DILLEHAY

**PIEDRAS MILENARIAS.**

Herramientas de piedra y otros elementos encontrados en 2013 en los sitios Monte Verde I y Chinchihuapi I.



FOTOGRAFÍA TOM DILLEHAY



**HERRAMIENTA DE SERPENTINA.**

Este artículo descubierto en Monte Verde está hecho a partir de serpentina, un material que no se encuentra en la localidad y que probablemente proviene de la cordillera ubicada en la costa oeste del lugar. Se encontró en el sitio más antiguo del yacimiento, y el análisis señala que fue confeccionado hace 17.000 a 19.000 años.

FOTOGRAFÍA TOM DILLEHAY

FOTOGRAFÍA MARIO PINO



**ANÁLISIS DETALLADO.**

Tom Dillehay observando una excavación en el sitio Monte Verde II durante los años 80.

**MUY BIEN CONSERVADOS.**

En la foto vemos la fundación de un abrigo arquitectónico de madera, fechado cerca de 14.500 años atrás. A un costado una pisada humana de la misma antigüedad.



FOTOGRAFÍA TOM DILLEHAY

**PARA SEGUIR LEYENDO**

- **Monte Verde: A Late Pleistocene Site in Chile. The Archaeological Context.** Volume II. Dillehay, T. D., 1997, Pp. 1128. Smithsonian Press, Washington, D.C.
- **Monte Verde: Los Primeros Pobladores del Sur de Chile.** Dillehay, T. D., editorial LOM, Santiago, 2004.
- **"Monte Verde: Seaweeds, Food, and Medicine and the Peopling of the Americas".** Dillehay, T.D.; C. Ramírez; M. Pino; M. Collins; J. Rossen; and D. Pino-Navarro, en revista *Science* 325: 1287-89, año 2008.
- **"New Archaeological Evidence for an Early Human Presence at Monte Verde",** Chile. Dillehay, T.D.; Ocampo, C.; Saavedra, J.; Oliveira Sawakuchi; A., Vega, R.M.; Pino, M.; Collins, M.B.; Scott Cummings, I.; Arregui, I.; Villagrán, X.; Hartmann, G.A.; Mella, M.; González, A.; Dix, G. *PLOS ONE*, 2015 | DOI:10.1371/journal.pone.0141923
- **National Geographic Society.** 1997 <http://www.nationalgeographic.com/events/97/monteverde/dallas.html>



## Columna

# LA MUERTE DEL PARADIGMA CLOVIS

**TOM D. DILLEHAY**

Es un arqueólogo y antropólogo estadounidense que desarrolló su labor de campo principalmente en Chile y otros países de Sudamérica. Su trabajo más conocido es la excavación del sitio de Monte Verde a partir de 1977. Académico de la Universidad de Vanderbilt, Nashville, Estados Unidos y *Doctor Honoris Causa* de la Universidad Austral de Chile.

**M**onte Verde es un sitio arqueológico del Pleistoceno tardío ubicado en la selva valdiviana del centro-sur de Chile. El lugar es un campamento al aire libre en la orilla de un pequeño arroyo, bordeado por playitas de arena, mallines y bosques húmedos que han estado allí desde al menos 18.000 años. Esta zona pantanosa se convirtió posteriormente en la cuenca del arroyo, cubriendo el sector abandonado bajo una capa de turba. A mediados de la década de los 70, durante los años 80 y, más recientemente en 2013, un equipo de investigación interdisciplinario encabezado por quien escribe estudió los restos excavados en tres áreas del sitio: Monte Verde I, II y Monte Verde Chinchihuapi I y II.

Monte Verde II exhibe los restos de una estructura alargada a modo de tiendas de campaña, en buen estado de conservación y hecha de madera y pieles de animales. Varios trozos de cordeles y cuerdas de cáñamo envueltos alrededor de postes de madera y estacas fueron recuperados entre los restos arquitectónicos. El suelo de tierra donde se asentaron estas tiendas se impregnó de cientos de motas microscópicas de tejido de piel, lo que sugiere que estaba cubierto con pieles de animales.

En el piso se encontraron fogones y hoyos llenos de barro, rodeados de herramientas de piedra y restos de semillas comestibles, tales como nueces y bayas. Fuera de la tienda se encontraron dos grandes fogones comunitarios, un sector de acopio de leña, morteros alargados de madera con piedras de moler y tres huellas humanas cerca de uno de los grandes fogones señalados.

Una segunda estructura, con forma de horquilla y restos de palos delgados, se configura sobre una base de arena y grava (conjunto de piedras) compactada. Además aparecieron alrededor de la estructura partes de gonfoterio y paleollama muertos (evidencias de un tratamiento de sus cueros), herramientas de piedra y madera.

Los restos de una gran variedad de plantas locales y no locales comestibles también fueron recuperados de las áreas habitacionales, fogones y pequeños hoyos. La presencia de alimentos exóticos, incluyendo diez diferentes variedades de algas y otros rasgos y materiales recuperados en el área muestran que los hábitats costeros distantes proporcionaban recursos importantes para la economía.

La data de los diferentes materiales del lugar sitúa la ocupación de Monte Verde II alrededor de 14.500 años atrás. Durante las últimas dos décadas, se ha convertido en uno de los sitios humanos más antiguos y completos de las Américas. En la actualidad es la zona de referencia empleada por muchos especialistas para entender el amplio poblamiento hemisférico de este continente.

**Los chilenos deberían estar orgullosos de este tesoro mundial de la historia humana. Sin embargo, con suerte algún día sus artefactos serán exhibidos en un museo.**

En un área distinta y como una posible ocupación anterior subyace enterrado Monte Verde I, que presenta 59 piedras o clactos, muchos de los cuales son válidamente herramientas de piedra, junto a objetos quemados característicos. Las fechas de radiocarbono sitúan una ocupación segura hace 15.000 a 18.500 años atrás y probablemente una más antigua entre 20.000 y 33.000 años. Adicionalmente, nuestras excavaciones en 1983, 1985 y 2013 en Chinchihuapi, situado 500 metros aguas arriba de Monte Verde, permitieron encontrar varias lascas unifaciales (fragmento plano y delgado que se desprende de una piedra), un canto esférico muy modificado y varias piezas de madera quemada. Una pieza de madera quemada tiene 14.400 años de antigüedad, así como una astilla sin quemar posee 12.300. En consecuencia, es necesario realizar un mayor trabajo arqueológico en este lugar y tratar de relacionarlo con Monte Verde II.

El paradigma Clovis, vigente durante los últimos veinte años para explicar el poblamiento temprano de las Américas, ha muerto al surgir Monte Verde como un laboratorio natural único en el continente. Es uno de los pocos sitios tempranos en el mundo donde los artefactos humanos hechos de madera, cuero, cañas y otros materiales orgánicos se conservan. Los chilenos deberían estar orgullosos de este tesoro mundial de la historia humana. Sin embargo, con suerte algún día sus artefactos serán exhibidos en un museo.

**Agradecimientos:** La investigación interdisciplinaria en Monte Verde ha sido financiada por subsidios de la National Science Foundation (NSF), National Geographic Society y la Universidad de Kentucky, de los Estados Unidos, a Tom D. Dillehay.



**DIETA VARIADA.** Hace miles de años el habitante austral consumía con frecuencia variedades de algas, como las que observamos en las imágenes de izquierda a derecha.

Foto 1: *Ulva sp.* y *Scytosiphon lomentaria*; foto 2: *Durvillaea antarctica* –conocida como “cochayuyo”–; foto 3: *Pyropia columbina* –“luche”–; foto 4: *Mazzaella laminaroides* –“luga”–, *Ulva sp.* –“lechuga de mar”– y *Pyropia columbina*.

## RÍO CACHAPOAL 159

En 1986 el sitio Pilauco fue descubierto por obreros de una empresa que construía la Villa Los Notros, en Osorno. Los huesos de gonfoterio (animales que son ancestros de los elefantes, distintos de los mamuts y mastodontes) allí encontrados comenzaron a ser expuestos en el Museo y Archivo Histórico Municipal de esa ciudad. Veinte años después, junto a un par de alumnos de la Universidad Austral de Chile, encontramos serendípicamente que no solo estaban en exposición los huesos de gonfoterio de Pilauco, sino que además de otros tres lugares. Gracias a fondos regionales pudimos probar la hipótesis de que Pilauco no era un

**Resulta notable estudiar en Monte Verde y Pilauco procesos de desarrollo que ocurren en un momento crucial, caracterizado probablemente por el calentamiento del clima más grande que ha vivido nuestra especie: el fin de la última glaciación y el comienzo del momento actual, el Holoceno.**

### CUNA DE EXPERTOS.

El desarrollo de Monte Verde y otros sitios arqueológicos como laboratorios naturales ha permitido atraer el interés de muchos estudiantes que se han decidido por investigar este tema y profundizarlo en las mejores universidades del mundo.



conjunto de restos depositados de manera aislada, sino que uno de los sitios paleontológicos más ricos de Chile (entre su flora y fauna encontramos al gonfoterio, caballo, hemiauchenia –género extinto del camélido–, milodón, pudú, zorrillo, coipo, entre otras especies).

Con el paso del tiempo las primeras señales sutiles de presencia humana se han ido consolidando por asociaciones entre restos óseos y herramientas muy informales de piedra, afortunadamente construidas en materiales pétreos exóticos, es decir, transportados por estos primeros pobladores a la zona.

Monte Verde II y Pilauco son contemporáneos, con alrededor de 15.000 años de antigüedad. Monte Verde II es un sitio donde hemos aprendido el modo de vida de nuestros antepasados, Pilauco un área donde hay gran disponibilidad de carne y estamos buscando un campamento. Monte Verde está en el campo; ¡Pilauco dentro de la ciudad de Osorno y hasta tiene dirección: Río Cachapoal 159!

En ambos la turba es el factor clave en la conservación, incluso de proteínas y ADN. Su desarrollo como laboratorios naturales ha permitido formar especialistas, con varios exalumnos doctorándose por el mundo.

## PALEONTOLOGÍA SOCIAL

De la experiencia educativa de Pilauco ha surgido quizás lo más valioso de estos hallazgos científicos: el concepto de paleontología social. Este nace de la premisa de que una comunidad humana no podrá desarrollarse armónicamente en el futuro, si no conoce cabalmente sus raíces y su historia, que comenzó hace más de 15.000 años atrás con la llegada de humanos.

Por eso, aprovechando que los niños aman y temen a los grandes animales extintos hemos desarrollado clubes para ellos. El principal gancho son los enormes fósiles, que nos permiten enseñar a través del juego sobre evolución, paleontología, cuidado del medioambiente, matemáticas, estadística, pero también conceptos de trabajo en equipo, respeto por sus pares y ética.

Resulta notable estudiar en Monte Verde y Pilauco procesos de desarrollo que ocurren en un momento crucial, caracterizado probablemente por el calentamiento del clima más grande que ha vivido nuestra especie: el fin de la última glaciación y el comienzo del momento actual, el Holoceno. En cada centímetro de excavación se originan nuevos y maravillosos descubrimientos y desafiantes hipótesis, con materiales muy locales pero de impacto mundial. Junto a mis palabras, hay decenas de pares y colaboradores que han sostenido estas investigaciones. Sin ellos, estos logros no podrían haberse concretado. 📖

### PARA SEGUIR LEYENDO

**Pilauco, un sitio complejo del Pleistoceno tardío.** Mario Pino, Universidad Austral de Chile, Imprenta América, Valdivia, año 2008.



**MÓNICA RUBIO LÓPEZ**

Es académica del departamento de Astronomía de la Universidad de Chile. Ha ejercido como astrónoma y profesora visitante en numerosas universidades e institutos especializados de Europa, América y Asia: el Instituto de Radio Astronomía Max Planck, el Observatorio Paris-Meudon & Ecole Normale Supérieure en Francia y la Universidad de Harvard, entre muchas otras.



**PIERRE COX**

Es director del Observatorio ALMA y científico reconocido en el mundo por sus observaciones milimétricas e infrarrojas en las regiones de formación estelar, evolución de estrellas y galaxias de alto desplazamiento al rojo. Ha publicado más de 200 artículos con alrededor de 10 mil citas en total. Anteriormente fue director de IRAM (Institut de Radioastronomie Millimétrique).



# Los cielos *más claros*

La Astronomía chilena representa un ejemplo clave a nivel mundial como laboratorio natural en un país emergente. Aquí confluyen las excepcionales condiciones para la observación, un esfuerzo para atraer a los mayores actores internacionales, inversiones en infraestructura científica impensadas a nivel local y el aporte de instituciones de investigación y científicos nacionales. En la imagen vemos el Observatorio ALMA, ubicado en la II región de Antofagasta, cuya actividad científica es una de las más destacadas.

Por MÓNICA RUBIO LÓPEZ Y PIERRE COX



## VÍA LÁCTEA SOBRE EL LLANO DE CHAJNANTOR.

Una sorprendente vista de la miríada de estrellas y polvo que forman la Vía Láctea, y que en esta imagen se ubica sobre el Llano de Chajnantor.

**E**l norte de Chile tiene los mejores cielos del mundo para realizar observaciones astronómicas. La combinación de un frío Océano Pacífico con la corriente de Humboldt que recorre nuestra larga costa desde la Antártica, un desierto muy seco y una cordillera que supera los cuatro mil metros de altitud, hacen que esté casi siempre despejado: unas 330 noches de las 365 de un año. Además la atmósfera es muy tranquila, sin turbulencias y con poca cantidad de vapor de agua, especialmente en las cumbres y llanos altiplánicos por sobre los cuatro mil 500 metros de altitud, lo que otorga una calidad excepcional y única para el estudio del universo. Estas notables condiciones no las poseen otras regiones en el planeta, excepto quizás la Antártica, y han permitido que la Astronomía nacional se desarrolle e inserte en el mundo.

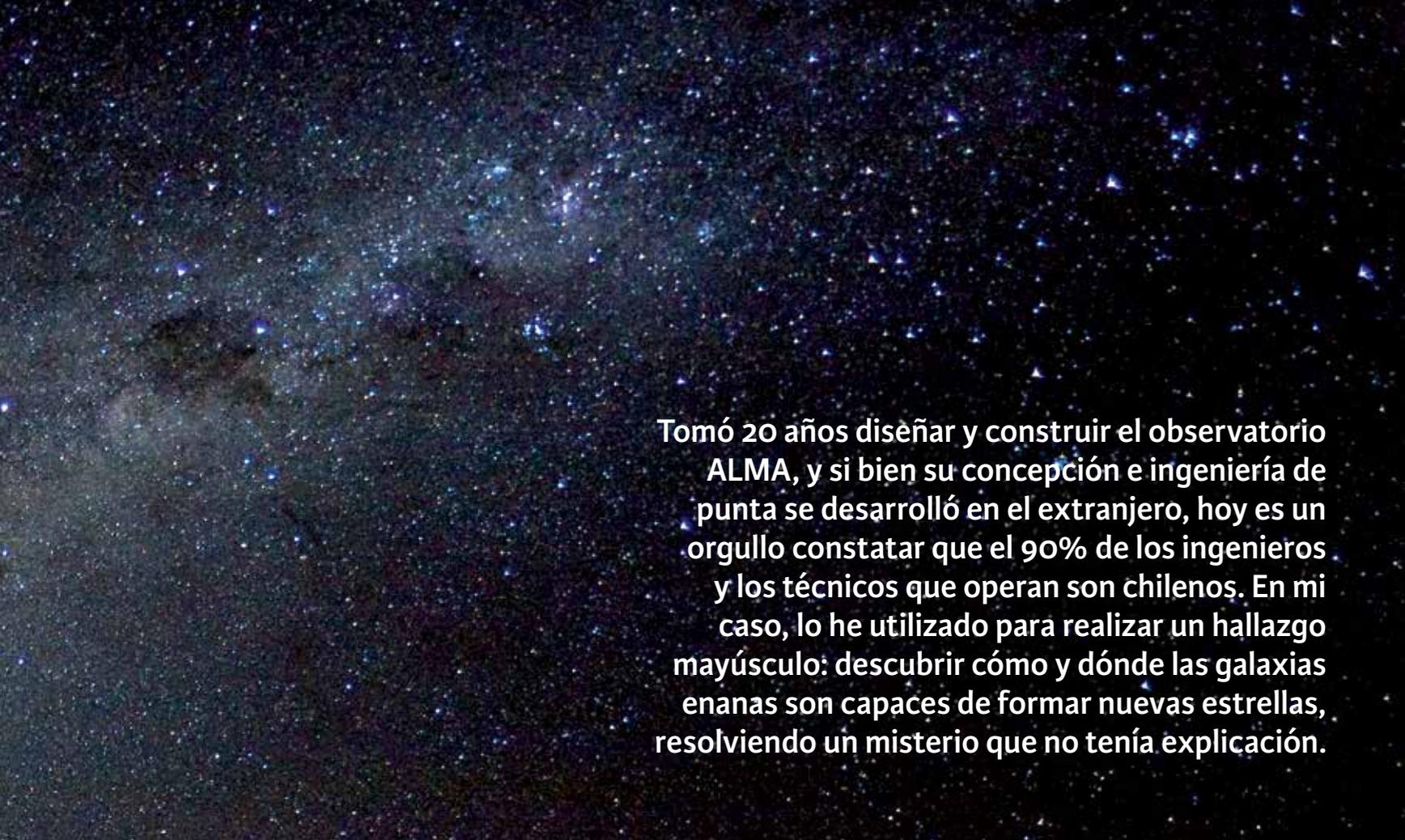
## VIDA MÁS ALLÁ DE LA TIERRA

La calidad de los cielos de Chile se descubre a principios de los años 60 y se instalan los primeros observatorios internacionales cerca de La Serena. Posteriormente llegan a esta región los telescopios ópticos grandes, con espejos de 8 metros, como también a la costa de la II Región cerca de Paposo, en el cerro Paranal y sus alrededores, que también tiene condiciones excepcionales.

Este laboratorio natural es reconocido internacionalmente y es por ello que hacia el año 2020 nuestro país concentrará el 70% de toda la infraestructura astronómica mundial en telescopios ópticos e infrarrojos. La inversión extranjera, que hoy representa tres mil millones de dólares, aumentará a seis mil millones de dólares para esa fecha. Como referencia, el presupuesto anual de Conicyt es actualmente de unos 500 millones de dólares.

Debido a que los astrónomos queremos captar señales aún más débiles y lejanas para estudiar los orígenes del universo y los planetas, con la esperanza de detectar signos de vida en estos, se propuso la construcción de telescopios gigantes, de 25 a 40 metros de diámetro. Estos poderosos, pero sumamente complejos y costosos telescopios tienen que instalarse en el sitio en el cual su uso sea más eficaz y donde se obtenga el mayor retorno a las millonarias inversiones, que en este caso es recolectar fotones para estudiar el universo.

La tabla 1 muestra antecedentes de los telescopios internacionales instalados y en construcción en Chile. El conocimiento generado por estos gigantes que apuntan hacia el universo nos conmueve cada día con noticias de nuevos planetas, posibilidades de vida en otras galaxias, la Astrobiología, etcétera. Pero sin lugar a dudas el LSST (Large Synoptic Survey Telescope, en construcción en el cerro Pachón, ubicado en la región de Coquimbo) cambiará nuestras vidas, pues está llamado a convertir a cada uno de nosotros en astrónomos. Este telescopio tomará imágenes de todo el cielo austral cada tres noches con una cámara CCD gigante, produciendo



Tomó 20 años diseñar y construir el observatorio ALMA, y si bien su concepción e ingeniería de punta se desarrolló en el extranjero, hoy es un orgullo constatar que el 90% de los ingenieros y los técnicos que operan son chilenos. En mi caso, lo he utilizado para realizar un hallazgo mayúsculo: descubrir cómo y dónde las galaxias enanas son capaces de formar nuevas estrellas, resolviendo un misterio que no tenía explicación.



**CON LOS OJOS EN EL CIELO:**  
Los telescopios de Chile.

TABLA 1

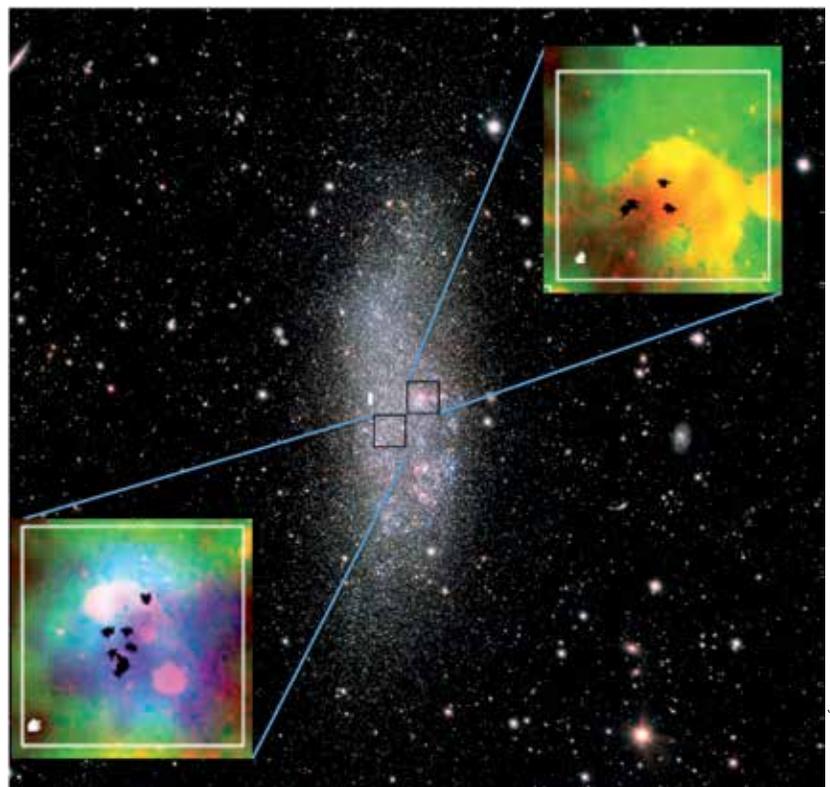
Históricos en operación	Tamaño (+)	Región	Año	Costo USD
CTIO	4.0 mts.	IV	1968	250 M
La Silla	3.6 mts.	IV	1970	200 M
Las Campanas	2.5 mts.	IV	1970	130 M
En operación				
Magellan Telescopes	6.5 mts. (2)	IV	2000	100 M
Gemini	8.2 mts.	IV	2000	300 M
VLT	8.2 mts. (4)	II	1999	900 M
SOAR	4.0 mts.	IV	2003	28 M
APEX*	12 mts.	II	2005	20 M
ACT*	6.0 mts.	II	2007	40 M
Mini-TAO	1.0 mts.	II	2010	20 M
ALMA*	12 mts. (66)	II	2012	1,300 M
Polarbear*	3.5 mts.	II	2014	20 M
En construcción				
CLASS*	1 mt. (4)	II	2015	20 M
Proyectados				
TAO	6.5 mts.	II		100 M
LSST	8.2 mts.	IV		650 M
CCAT*	25 mts.	II		200 M
GMT	25 mts.	IV		800 M
E-ELT	39 mts.	II		1,500 M

(+) el de mayor tamaño de cada observatorio / \* radiotelescopios

Fuente: "Astronomy, Technology, Industry. Roadmap for the Fostering of Technology Development and Innovation in the Field of Astronomy in Chile". Conicyt.

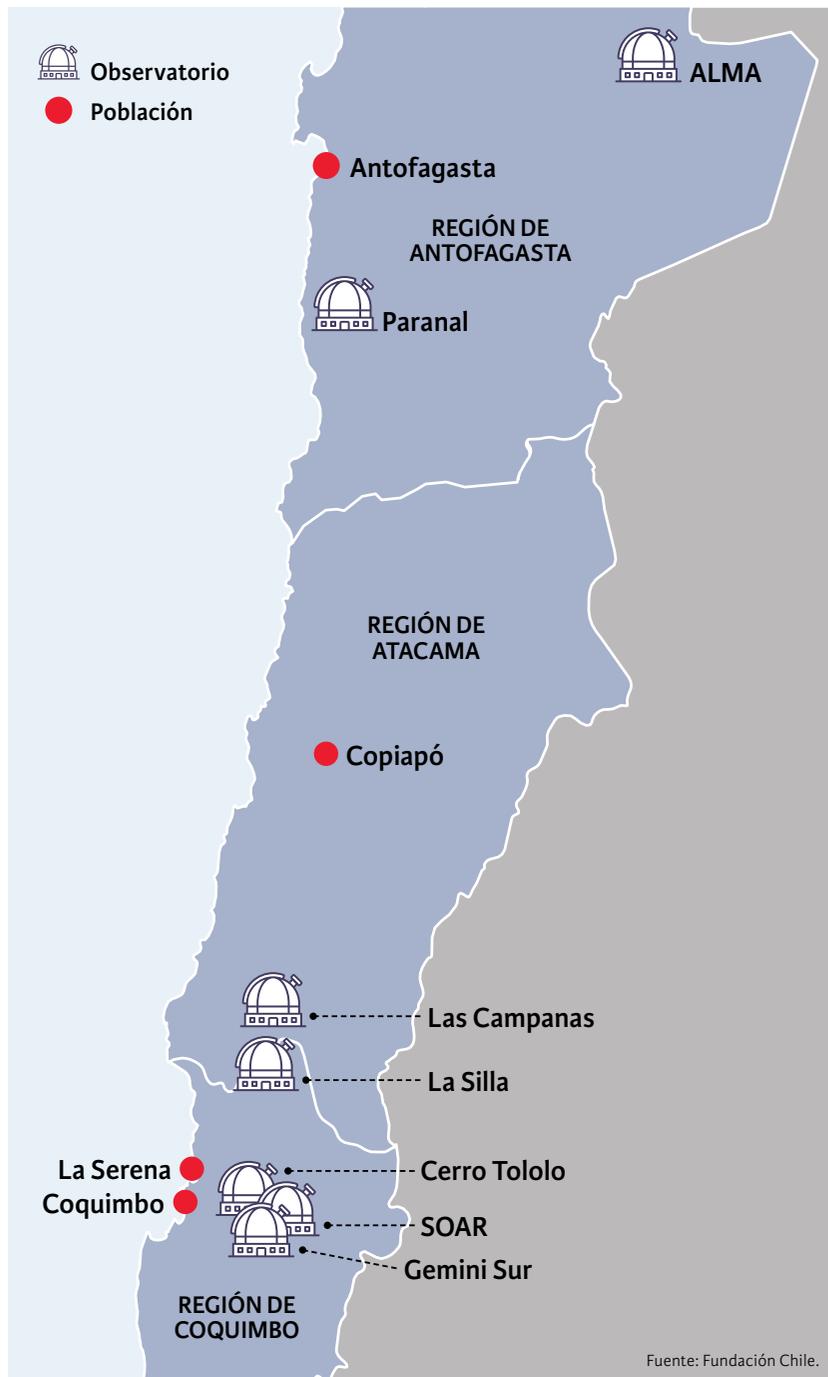
**DONDE NACEN LAS ESTRELLAS.**

La fotografía muestra una imagen óptica de la galaxia enana WLM, en la cual se aprecian las dos regiones observadas con el radiotelescopio ALMA desde Chile (descubrimiento de Mónica Rubio y su equipo en 2015).



FOTOGRAFÍA EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY (ESO).

## PRINCIPALES OBSERVATORIOS ASTRÓNOMICOS DE CHILE



**Este laboratorio natural es reconocido internacionalmente y es por ello que hacia el año 2020 nuestro país concentrará el 70% de toda la infraestructura astronómica mundial en telescopios ópticos e infrarrojos.**

un tsunami de datos digitales (30 terabytes -30 millones de MB- por noche) que requerirá un gran centro de almacenamiento de información. Para poder analizar y comparar estas imágenes, el proyecto se ha asociado con Google con el objetivo de crear un “Google-Sky”, el cual pondrá estas imágenes a disposición de todo el público. ¿No sería fantástico que cualquiera de nosotros hiciera un descubrimiento astronómico mirando estas imágenes?

## UN HALLAZGO MAYÚSCULO

Y no solo tenemos los telescopios ópticos. En los llanos alti-plánicos, sobre los cinco mil metros de altura y en las cercanías de San Pedro de Atacama, se descubren los cielos ideales (por su bajo contenido de vapor de agua) para el estudio del universo frío, que no emite luz (fotones), pero sí transmite en ondas de radio milimétricas y submilimétricas. Estas condiciones del cielo alti-plánico fueron decisivas para que allí se instalara el proyecto astronómico de radio más ambicioso y poderoso que se haya construido hasta la fecha: ALMA (Atacama Large Millimetric Array), que ya se encuentra en operación. Este observatorio tomó 20 años en ser diseñado y construido, y si bien su concepción e ingeniería de punta se desarrolló en el extranjero, hoy es un orgullo constatar que el 90% de los ingenieros y los técnicos que operan son chilenos. En mi caso, (Mónica Rubio) he utilizado ALMA para realizar un hallazgo mayúsculo: descubrir cómo y dónde las galaxias enanas son capaces de formar nuevas estrellas, resolviendo un misterio que no tenía explicación. Ello ocurre en pequeñas incubadoras que contienen muy poco material para que se produzca el nacimiento de nuevas estrellas y que nunca se habían visto. Junto a mi equipo detectamos la presencia de nubes frías y muy densas en la galaxia enana WLM. No puedo dejar de destacar que los primeros descubrimientos realizados con ALMA contaron con el liderazgo y la activa participación de jóvenes astrónomas chilenas, exalumnas mías: Cinthya Herrera, con la primera publicación de la formación de súper cúmulos de estrellas en la galaxia Antena; Laura Pérez, con la primera imagen de un sistema planetario en torno a una estrella y Viviana Guzmán, con el hallazgo de complejas moléculas potencialmente prebióticas en un disco protoplanetario en torno a una estrella. Obviamente, otros colegas y sus alumnos también han realizado importantes trabajos.

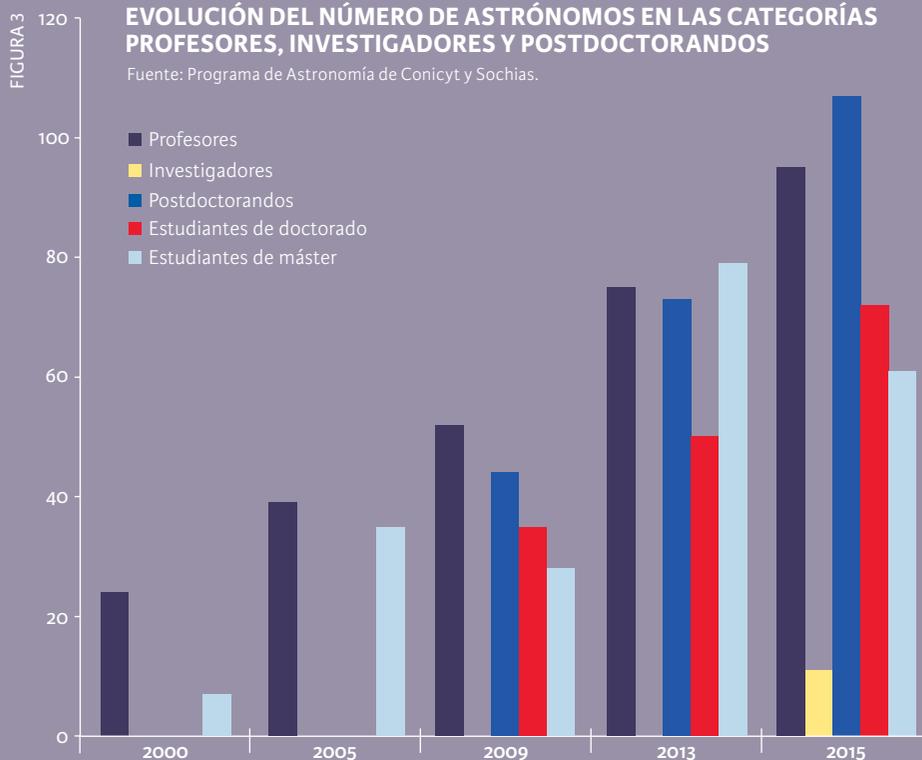
Nuestro país, en particular las II y IV regiones, ha reconocido el aporte y beneficio que estos observatorios le pueden brindar. Gracias a los acuerdos firmados hace 50 años que reservaron el 10% del tiempo de telescopios para ser usado por Chile, se ha desarrollado una comunidad de astrónomos y astrofísicos en nuestras universidades convirtiendo a la Astronomía chilena en la ciencia nacional con mayor impacto y presencia internacional. Se ha ido desarrollando el turismo astronómico, la prestación de servicios y potenciando a las universidades locales en esta disciplina, como también en sus áreas afines. Un ejemplo de un proyecto de envergadura internacional es el Parque Astronómico Atacama vecino a ALMA, impulsado por Conicyt y que protege terrenos únicos para la astronomía submilimétrica e infrarroja en combinación con un potencial circuito turístico de alto nivel.

Durante la última década, el número de astrónomos trabajando en instituciones chilenas se ha triplicado y hoy tenemos cerca de 200 activos, entre académicos y postdoctorandos. Más aún, esta profesión ha atraído a estudiantes tanto de Chile como de otras partes del mundo, los cuales han aumentado explosivamente. Actualmente suman más de 500

La calidad insuperable de nuestros cielos nortinos ha sido condición necesaria, pero no suficiente, para desarrollar este espectacular laboratorio natural. La buena reputación internacional de Chile como país serio y con una sólida institucionalidad ha sido complementada con donaciones de terrenos (por ejemplo en el caso de ESO).

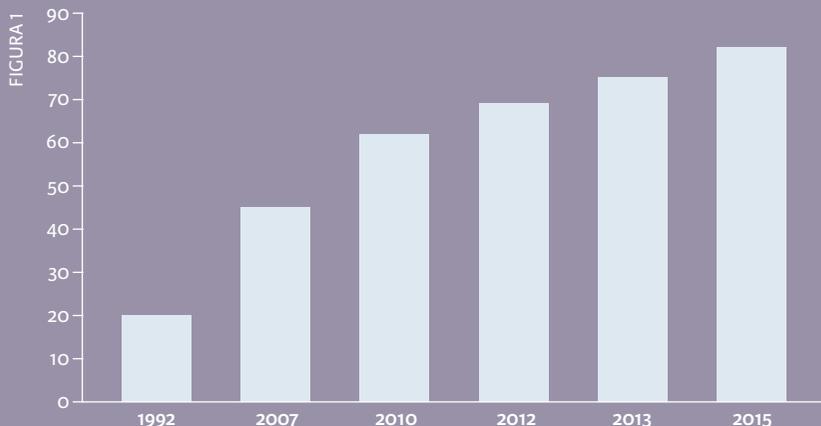
### FIGURA 3 EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE ASTRÓNOMOS EN LAS CATEGORÍAS PROFESORES, INVESTIGADORES Y POSTDOCTORANDOS

Fuente: Programa de Astronomía de Conicyt y Sochías.



### HISTOGRAMA QUE MUESTRA EL AUMENTO DEL NÚMERO DE ASTRÓNOMOS EN LAS UNIVERSIDADES CHILENAS

Fuente: Programa de Astronomía de Conicyt y Sochías.



en pregrado y cerca de 100 en postgrado, distribuidos en 12 universidades (ver figura 1 y 2).

La calidad insuperable de nuestros cielos nortinos ha sido condición necesaria, pero no suficiente, para desarrollar este espectacular laboratorio natural. La buena reputación internacional de Chile como país serio y con una sólida institucionalidad ha sido complementada con donaciones de terrenos (por ejemplo en el caso de ESO); el estatus diplomático que se otorga a las organizaciones que operan los observatorios (AURA, AUI, NAOJ, Carnegie, por nombrar algunos); la exención de impuestos (incluyendo el IVA), y se han dictado normas de protección lumínica y de radio interferencia para proteger el cielo astronómico. De esto se deduce que el desarrollo de otros laboratorios naturales con participación de instituciones extranjeras, requerirá muy probablemente de una contraparte nacional que resulte atractiva para su asentamiento en nuestro territorio.

La Astronomía es un gran impulsor de innovaciones tecnológicas que generan oportunidades de participación para

las facultades de ingeniería, empresas proveedoras de instrumentación y software. También a nuevos emprendedores que proporcionen servicios de apoyo a los observatorios. Esta cadena requiere la confluencia de equipos de astrónomos, ingenieros, matemáticos, desarrolladores de software y herramientas de *Big Data*. Por ejemplo, ya hay grupos universitarios que están desarrollando prototipos de receptores y softwares para el proyecto ALMA e instrumentos infrarrojos para el gigantesco telescopio europeo E-BLT, aún en construcción.

El caso de esta disciplina en Chile es paradigmático a nivel mundial como laboratorio natural para la ciencia en un país emergente. En este ejemplo confluyen las excepcionales condiciones para la observación astronómica, un esfuerzo como país para atraer a los mayores actores internacionales, inversiones en infraestructura científica impensadas a nivel local y el aporte de instituciones de investigación y científicos nacionales. ¡Es muy probable que el próximo premio Nobel chileno se obtenga en ciencia, y que recaiga en un astrónomo!

#### PARA SEGUIR LEYENDO

- "Astronomy, Technology, Industry: Roadmap for the Fostering of Technology Development & Innovation in the Field of Astronomy", Mónica Rubio, año 2012. Conicyt (<http://dspace2.conicyt.cl/handle/10533/89459>)
- *Astronomía Contemporánea*, de José Maza, año 2009, Ediciones B Chile S.A.
- "Chile aims to better exploit role as telescope host", en *Physics Today*, por Toni Feder, año 2012.
- "High in Chilean desert, a huge astronomy project", Serrano S., año 2012, en *nytimes.com*.
- "Los cielos, una fuente de desarrollo para Chile", por Carolina Pica, año 2013. *The Wall Street Journal*, 2 de Mayo de 2013 ([www.djreprints.com](http://www.djreprints.com)).
- "Dense cloud cores revealed by CO in the low metallicity dwarf galaxy WLM", Mónica Rubio; Elmegreen, B.; Hunter, D. y otros, año 2015. *Nature* 525, 218.



---

**JUAN CARLOS DE LA LLERA MARTIN**

Es ingeniero civil UC, master of science y doctor en UC, Berkeley, con especialización en modelamiento y dinámica estructural, sistemas de reducción de vibraciones y riesgo sísmico. Es decano de la Facultad de Ingeniería UC y socio fundador de SIRVE. Ha sido pionero en el desarrollo de sistemas para reducir vibraciones en estructuras: disipadores de energía (Torre Titanium) y aislamiento sísmico (Clínica UC San Carlos de Apoquindo). Además es investigador principal del Centro Nacional para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (Cigiden).



# Epicentro *sísmico* mundial

Valdivia, 9.5. Maule, 8.8. Chile es tal vez la “mesa vibradora” más importante del planeta, debido a la intensidad de los movimientos telúricos, la recurrente frecuencia con que ellos ocurren y la alta exposición de todas sus estructuras y personas. Además, es el número uno entre los países de la OCDE en gasto promedio anual en daños asociados a desastres naturales. Esta condición nos permite fijar estándares internacionales y ayudar a otras naciones para que respondan mejor frente a estos eventos.

Por JUAN CARLOS DE LA LLERA MARTIN

**P**oseemos pocos *records* mundiales, pero uno de ellos es sin lugar a dudas en sismología y, por qué no decirlo, su aplicación en la Ingeniería Sísmica. El terremoto más grande registrado en el mundo ocurrió el 22 de mayo de 1960 en la zona sur de Chile, específicamente en Valdivia, y alcanzó una magnitud de momento sísmico de  $M_w 9.5$  (la cifra representa la energía liberada durante el evento) y una ruptura entre las placas en dirección norte-sur de alrededor de unos 1.000 kilómetros.

Como si fuera poco, en los últimos cincuenta años han ocurrido otros terremotos muy destructivos en nuestro país, entre los que destacan el del 3 de marzo de 1985 de  $M_w 8$  en la zona central de Chile, el del 27 de febrero de 2010 (27F), de magnitud  $M_w 8.8$ , ocurrido en la región del Maule (el sexto más grande registrado en la historia); o los recientes de Iquique de  $M_w 8.2$ , el 1 de abril de 2014, y de Coquimbo de  $M_w 8.4$ , el 16 de septiembre de 2015 (ver figura 1). Los grandes movimientos telúricos generan a su vez otros desastres en cascada

**Como el 22% de las pérdidas económicas y el 51% de los fallecidos son a causa de los terremotos, Chile puede ofrecer su inigualable laboratorio natural y contribuir en el desarrollo de conocimiento e innovación sísmica con el propósito de crear valor, ayudando a otros países para que respondan mejor frente a estos graves desastres naturales.**

#### EL DESPLAZAMIENTO DE LA TIERRA.

Las figuras corresponden a lo que en términos técnicos se denomina interferograma, que es el resultado del procesamiento de dos imágenes tomadas, en este caso, por un satélite en distintos instantes de tiempo sobre un mismo lugar geográfico. Así podemos conocer desde el espacio, y con gran precisión, cuánto se desplazó cada punto de la superficie de la tierra en dirección del satélite. A su vez, las diferentes franjas de colores representan ese movimiento.

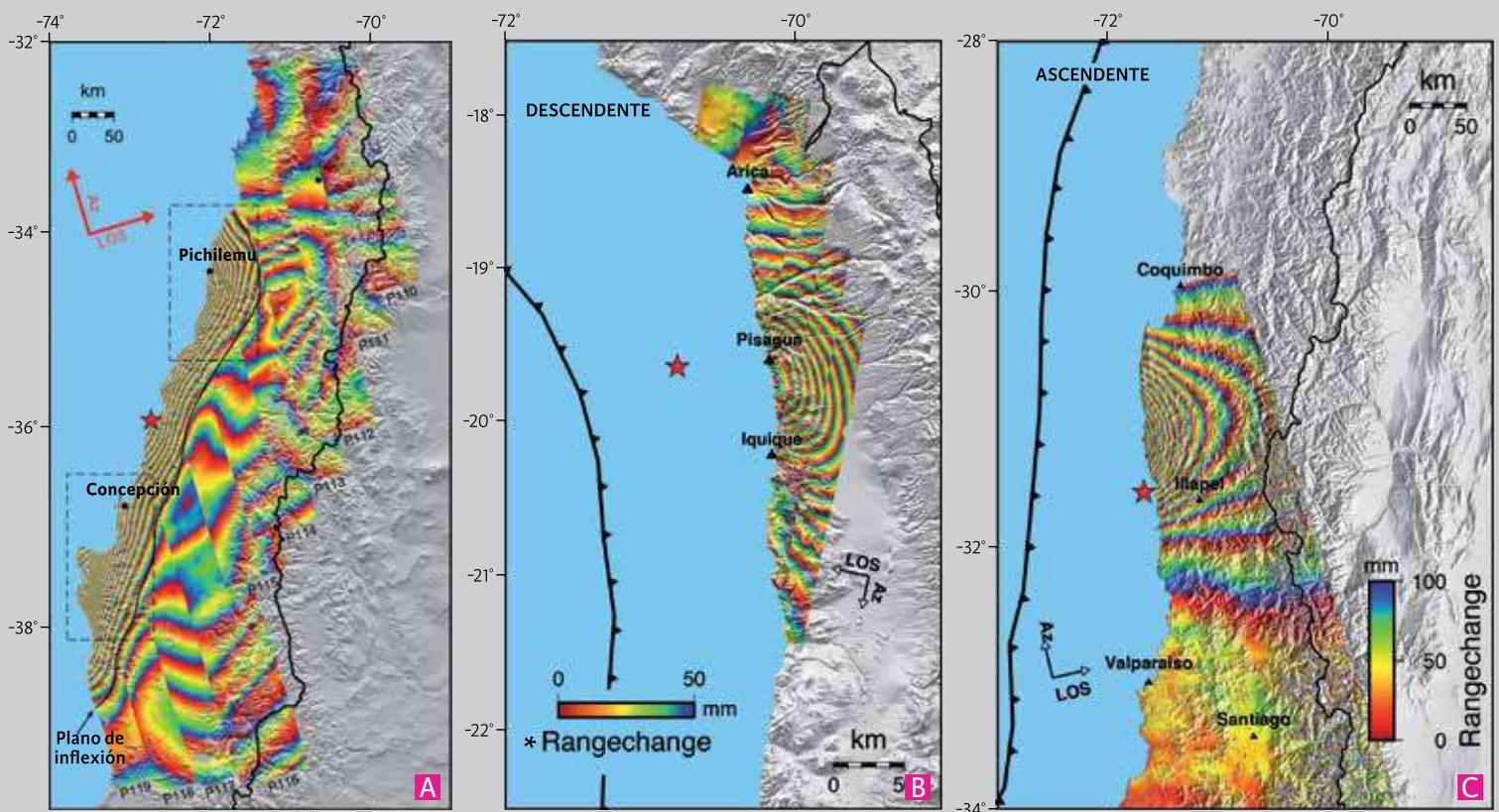


FIGURA 1

Fuente: Fortuño C., Aguirre P., de la Llera J.C.

(a) Maule, 2010 (Satélite ALOS); (b) Iquique, 2014 (Satélite TerraSAR-X); y (c) Coquimbo, 2015 (Satélite Sentinel 1A). Desplazamientos medidos en trayectorias ascendentes y descendentes del satélite y epicentros de los terremotos indicados por la estrella roja.

\*Rangechange (cambio de distancia): técnica de procesamiento de imágenes (interferometría satelital), que utiliza un haz de ondas electromagnéticas y su rebote en la tierra como una forma de calcular cambios en distancia entre el satélite y un punto en la superficie.



FOTOGRAFÍA RAÚL ÁLVAREZ.

#### LA LECCIÓN DEL 27F.

Daño estructural observado por falla en flexo-compresión de muros de hormigón armado durante el terremoto de Maule 2010. En la imagen vemos un edificio colapsado en Concepción.

## El terremoto de 2010 fue una prueba muy exigente para el funcionamiento de los aisladores sísmicos y disipadores de energía, y el resultado es que su desempeño fue extraordinario en las 13 estructuras localizadas entre Santiago y Talcahuano.

como son los tsunamis. Por ejemplo, en 1960 lo ocurrido en Valdivia provocó un maremoto que afectó gravemente a toda la cuenca del Pacífico, incluido Hawái y Japón, y causó grandes erupciones como las del volcán Puyehue-Cordón Caulle.

Debido a ello, Chile es el número uno entre los países de la OCDE en gasto promedio anual en daños asociados a desastres naturales (equivalente al 1.1% del PIB).

Los grandes terremotos chilenos provienen de una singularidad: una alta tasa de convergencia entre la placa de Nazca y la placa Continental Sudamericana en el margen generado por la subducción de la primera bajo la segunda. La tasa de convergencia varía entre seis y diez centímetros por año, y entre seis y diez metros en un siglo.

Este rápido avance hace que Chile sea muy activo en este ámbito –característica que tiende a desaparecer desde la península de Taitao (región de Aysén) al sur– y, por ende, uno de los más interesantes para ser instrumentados y estudiados, y así lograr avances científicos y tecnológicos.

## VIAJE AL CENTRO DE LA TIERRA

Nuestro laboratorio natural sísmico también es reconocido mundialmente por la exitosa respuesta que el país ha tenido históricamente frente a estos grandes eventos y sus posibles devastadoras consecuencias. A través de la información generada por diversos estudios en esta área, cuyas ondas funcionan como verdaderas señales ecográficas para observar a un feto dentro del vientre de su madre, la ciencia ha podido inferir mucho conocimiento sobre la composición interna de la Tierra. Por ejemplo, hoy sabemos que está compuesta en su centro por un núcleo sólido interno, rodeado por un casco exterior en estado líquido cubierto por un manto plástico, pero que actúa como un sólido para la propagación de estas ondas sísmicas. Sobre el manto se ubica la corteza que en promedio tiene un espesor de unos cinco kilómetros bajo los océanos y 50 kilómetros bajo los continentes. Por otra parte, la sismología, cuya preocupación es el estudio de la generación, propagación y registro de estas ondas elásticas en la Tierra, ha permitido conocer el interior de nuestro planeta y caracterizar los movimientos en su superficie, los que son imprescindibles para poder diseñar y construir estructuras que puedan sobrevivir los efectos de un terremoto y eventuales tsunamis que resultan de él.

La Ingeniería Sísmica chilena considera actualmente estándares mundiales de diseño sismo-resistente de diversas construcciones. Como ejemplo está el extraordinario resultado y respuesta de las edificaciones y de los más de 10 millones de chilenos que se vieron expuestos a un movimiento fuerte durante el 27F de 2010, el que ha sido reconocido internacionalmente como un éxito. Pero más importante aún que este desempeño puntual, y siempre con el debido cuidado de no caer en la autocomplacencia, es lo que aprendimos gracias a este desastre natural. Por ejemplo, un porcentaje menor a un 2% de los edificios habitacionales de hormigón armado sufrió daño estructural inesperado debido a un comportamiento frágil en flexo-compresión (ver imágenes arriba) de los muros en los niveles inferiores. Este hecho causó el colapso de al menos



### EXPORTACIÓN DEL CONOCIMIENTO.

Arriba se observa un edificio de oficinas de 19 pisos, construido en Lima, Perú. Este posee ocho subterráneos. En el costado derecho vemos: arriba un ensayo dinámico del disipador y, abajo, un detalle de conexión y ubicación del disipador en diagonales del edificio.

un edificio, la falla severa de medio centenar más, y motivó un número importante de estudios internacionales para entender a fondo el comportamiento sísmico de estas construcciones, logrando así avances importantes en nuestros códigos, con el objetivo de que el mundo entero se beneficie de la experiencia de estas edificaciones.

Es que en Ingeniería Sísmica, ¡nada puede sustituir a la verdadera prueba que es el terremoto! Consecuentemente, Chile es tal vez la “mesa vibradora” más importante del mundo, debido a la intensidad de los movimientos telúricos, la recurrente frecuencia con que ellos ocurren y la alta exposición de todas sus estructuras y personas, dado lo estrecho del territorio. Nuestro país fija estándares mundiales en esta disciplina, que sirven a otras naciones para el avance de sus códigos de diseño y construcción sismo-resistente.

### LA INNOVACIÓN FRENTE AL DESASTRE

Otra arista muy importante que nace de nuestra condición natural, es la oportunidad de innovación. Un ejemplo de ello es el desarrollo tecnológico que se ha hecho en la UC durante 15 años, con el apoyo de Conicyt (Fondef) y Corfo, el cual ha sido debidamente probado y validado localmente antes de su uso masivo y exportación. El 27F fue una prueba muy exigente para el funcionamiento de los aisladores sísmicos y disipadores de energía, y el resultado es que su desempeño fue extraordinario en las 13 estructuras localizadas entre Santiago y Talcahuano. Hoy, más de 100 edificios en Chile cuentan con estos sistemas y, entre ellos, la mayoría de los nuevos hospitales. El desarrollo ha abarcado también a construcciones menores como viviendas sociales, lo que se espera tenga un gran impacto internacional. Los dispositivos de aislamiento sísmico y disipación de energía chilenos compiten ventajosamente con símiles extranjeros, con la diferencia de que han sido probados en un terremoto severo de casi dos minutos de movimiento fuerte.



**Los dispositivos de aislamiento sísmico y disipación de energía chilenos compiten ventajosamente con símiles extranjeros, con la diferencia que han sido probados en un terremoto severo de casi dos minutos de movimiento fuerte.**

Sin embargo, este éxito tecnológico es solo el comienzo de una nueva industria mundial asociada a mejorar la resiliencia de nuestro entorno físico y de las personas frente a los múltiples desastres naturales. Esto involucrará necesidades e integración de especialidades muy distintas que van desde la instrumentación ubicua, el desarrollo de nuevos materiales y estructuras adaptables hasta la robotización, las TIC y las redes sociales. Para ello es necesario crear las condiciones que permitan que Chile mantenga un liderazgo en este tema, desarrollando las capacidades humanas especializadas necesarias para seguir avanzando en el conocimiento y, luego, las condiciones de infraestructura básicas para desarrollar una investigación e innovación relevantes a nivel mundial. El mercado e impacto para esta industria es enorme: solo entre 2005 y 2014, las pérdidas económicas por este tipo de eventos se estiman en 1.4 trillones de dólares y las pérdidas humanas en 700 mil. Como el 22% de las pérdidas económicas y el 51% de los fallecidos son a causa de los terremotos, Chile puede ofrecer su inigualable laboratorio natural y contribuir en el desarrollo de conocimiento e innovación sísmica con el propósito de crear valor, ayudando a otros países para que respondan mejor frente a estas grandes pruebas de la naturaleza. ▀



FOTOGRAFÍA CRISTÓBAL CORREA.



**MARGARITA GREENE ZÚÑIGA**

Arquitecto y magíster en Sociología de la Universidad Católica. Doctorada por University College London, en Inglaterra. Es profesora titular de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos UC. Además es investigadora del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (Cedeus).



**JUAN DE DIOS ORTÚZAR SALAS**

Es ingeniero civil industrial UC, master of science en Planificación de Transporte y doctorado por la Universidad de Leeds, Inglaterra. Además es profesor titular de la Facultad de Ingeniería UC e investigador del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (Cedeus).

# Santiago

## *despierta*

A LA

# modernidad

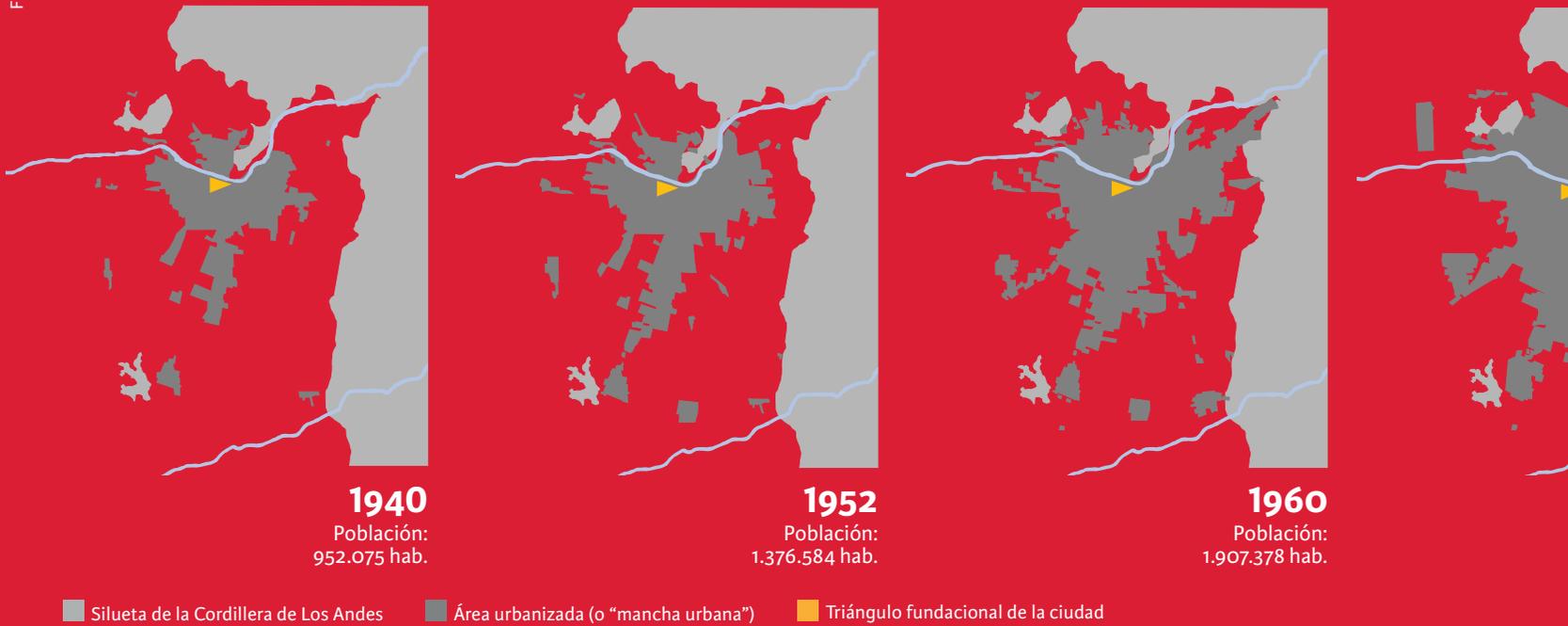
Tanto por sus características actuales como por el proceso recorrido, la capital chilena constituye un laboratorio natural único para analizar la sustentabilidad del desarrollo urbano de una megaciudad emergente, ya que permite aprender de su rica experiencia en distintos ámbitos: las variadas formas de transporte que posee, el explosivo aumento de su población y su creciente contaminación, entre otros aspectos. Múltiples escenarios en un solo gran teatro en el que confluyen diariamente más de seis millones de ciudadanos.

Por **MARGARITA GREENE ZÚÑIGA Y JUAN DE DIOS ORTÚZAR SALAS**

Fotografías **CRISTÓBAL CORREA MONTALVA, CÉSAR CORTÉS DELLEPIANE Y KARINA FUENZALIDA BARRAZA**

FIGURA 1 **MANCHA URBANA DE SANTIAGO EN LOS AÑOS CENSALES**

Fuente: INE.



**N**aciones Unidas define megaciudades como urbes de más de diez millones de habitantes, pero esta descripción es ciertamente arbitraria. La antigua Roma (con menos de un millón) claramente lo fue en su tiempo. Más que por su tamaño, estas metrópolis se caracterizan por tener

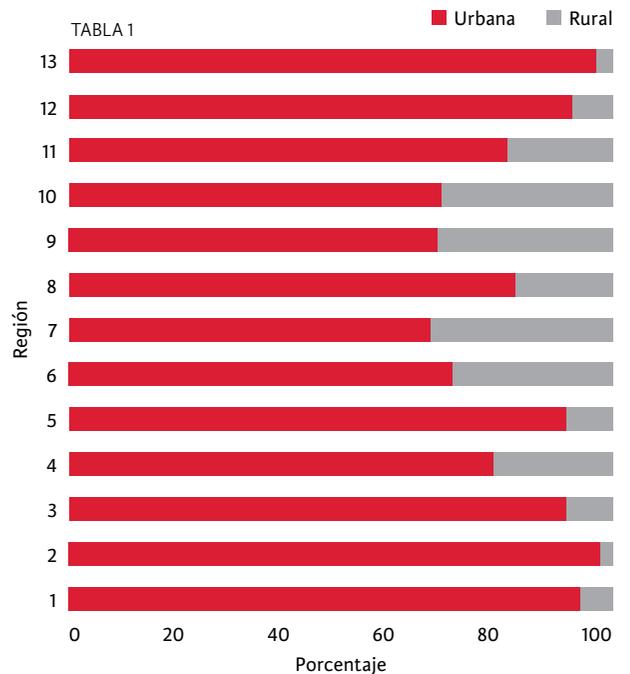
una alta vulnerabilidad debido a su gran población, múltiples inequidades y otras dinámicas socioeconómicas relacionadas con el uso de recursos y el medioambiente. Además comparten problemas que atentan contra su sustentabilidad de mediano y largo plazo. Entender sus mecánicas particulares redundaría, indudablemente, en una mejora de la calidad de vida de sus habitantes y un desarrollo urbano más sustentable.

Santiago tiene una población superior a los 6,5 millones de habitantes, una superficie cercana a los mil km<sup>2</sup> y una tasa de motorización de aproximadamente 0,6 vehículos/hogar. Estas cifras han ido creciendo constantemente en las últimas décadas (ver figura 1). Además, se caracteriza por ser extremadamente segregada desde el punto de vista socioespacial, por tener un complejo sistema de transporte multimodal y un fuerte problema de contaminación atmosférica debido a sus condiciones geográficas y climáticas.

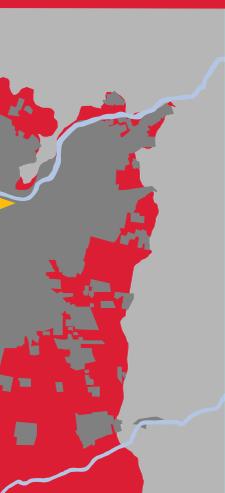
Chile vivió un proceso de urbanización acelerada temprana y espontánea en relación al resto de América Latina, superando el 70% de población urbana en los años setenta y el 86% en 2002 (ver tabla 1). Aunque este proceso tuvo particularidades, también adquirió características comunes al que han estado viviendo la mayoría de los países latinoamericanos: fue llevado a cabo, en gran parte, a través de la construcción de asentamientos informales en la periferia de las grandes urbes y se caracterizó por una fuerte concentración en pocas ciudades.

**PORCENTAJE DE POBLACIÓN URBANA Y RURAL SEGÚN REGIONES (CENSO 2002)**

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE).



**Chile vivió un proceso de urbanización acelerada temprana y espontánea en relación al resto de América Latina, superando el 70% de población urbana en los años setenta y el 86% en 2002.**



**1970**

Población:  
2.230.895 hab.



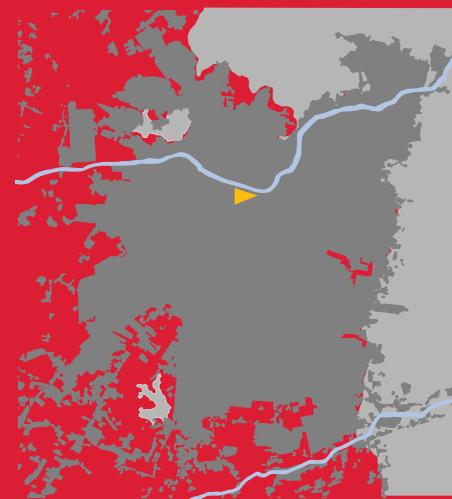
**1982**

Población:  
3.654.760 hab.



**1992**

Población:  
4.295.593 hab.



**2012**

Población:  
6.156.980 hab.

IMAGEN DE PABLO FUENTES.



**CUBIERTO DE SMOG.**  
Si bien el fenómeno de la contaminación atmosférica en Santiago data de la época colonial, ha sido en los últimos cincuenta años que la relación entre ciudad y polución ha derivado en un asunto endémico e inherente a ella.

FOTOGRAFÍA CÉSAR CORTÉS.



#### EN DOS RUEDAS.

Si se compara la cantidad de traslados en bicicleta (un signo potente de desarrollo sustentable) entre 2001 y 2012, se puede constatar un crecimiento anual de 6,8%. Esto ha sido apoyado por un incremento de casi un 25% en el número de kilómetros dedicados a ciclovías.

FOTOGRAFÍA CÉSAR CORIÉS.



#### ALTA EVASIÓN.

El Transantiago, que funciona en Santiago desde febrero de 2007, está asociado a un fenómeno lamentablemente único pero típico de países emergentes: una tasa de evasión tarifaria superior al 25%.

## El país cuenta con un sistema admirado regionalmente para identificar a personas y familias vulnerables a nivel municipal y posibilitar su acceso a beneficios estatales de salud, vivienda, alimentación u otros.

Tanto por sus características actuales como por el proceso recorrido, Santiago constituye un laboratorio natural único para analizar la sustentabilidad del desarrollo urbano de una megaciudad de país emergente, ya que permite estudiar y aprender de su rica experiencia y llevar a cabo investigación científica.

### LAS CIFRAS DE LA METRÓPOLIS

La tradición institucional chilena es lo primero que refuerza la calidad de laboratorio natural de su capital. El país cuenta con un sistema admirado regionalmente para identificar a personas y familias vulnerables a nivel municipal y posibilitar su acceso a beneficios estatales de salud, vivienda, alimentación u

otros (ver en [www.registrosocial.gob.cl/](http://www.registrosocial.gob.cl/)). Esto ha permitido focalizar la ayuda a grupos vulnerables específicos (por ejemplo a adultos mayores, familias monoparentales, allegados y otros), posibilitando el potencial seguimiento de variadas líneas de acción implementadas, algo difícil de lograr en otras latitudes.

Junto con ello y, a diferencia de diversas megaciudades de la región, Santiago dispone de muy buenos datos sobre pobreza y movilidad. Por ejemplo, la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional, que se aplica a nivel nacional cada dos años desde 1985, permite estimar la magnitud de la pobreza y la distribución del ingreso a lo largo del país. Además, las Encuestas de Movilidad que se realizan desde 1991 en forma consistente con el mejor estado de la práctica, miden la cantidad de viajes realizados y las características más importantes de muestras representativas de miles de hogares santiaguinos (por ejemplo más de 30 mil en 1991 y 2001-2006, y más de 18 mil en 2012), incluyendo tamaño y estructura familiar; ingreso; localización de empleos y lugares de estudio de sus miembros y atributos individuales del jefe de hogar y cada una de las personas que residen en este.

Esta última información permite constatar el gran dinamismo y velocidad de cambio de la metrópolis. Si se compara la cantidad de traslados en bicicleta (un signo potente de desarrollo sustentable) entre 2001 y 2012, se puede constatar un crecimiento anual de 6,8%, solo por dar un ejemplo. Afortunadamente, este ha sido apoyado por un incremento de casi un 25% en el número de kilómetros dedicados a ciclovías, elemento básico para que esta virtuosa tendencia se acentúe.

#### PARA SEGUIR LEYENDO

- “Megacities in the developing world”. *The Bridge* 29, 19-26. Bugliarello, G. (1999).
- “What is behind fare evasion in urban bus systems? An econometric approach”. *Transportation Research* 84A, 55-71. Guarda, P., Galilea, P., Paget-Seekins, L. y Ortúzar, J. de D. (2016).
- *El Programa de Vivienda Progresiva. Chile 1990-2002*. Departamento de Desarrollo Sostenible, División de Programas Sociales, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C. Greene, M. (2004).
- “Continuous mobility surveys: the state of practice”. *Transport Reviews* 31, 293-312. Ortúzar, J. de D., Armoogum, J., Madre, J.L y Poitier, F. (2011)

### EL VIAJE PERFECTO

La capital chilena cuenta con un conjunto inusualmente alto de modos de transporte para sus cerca de 20 millones de viajes diarios. Estos ofrecen características muy diferentes y no se encuentran a menudo juntos en otras ciudades del mundo.

Así, aparte de caminar o usar bicicleta, los santiaguinos se trasladan en Metro (cinco líneas y más de 140 kilómetros construidos), el cual existe en pocas ciudades latinoamericanas importantes y en ninguna está integrado a un sistema de autobuses expresos.

Los ciudadanos también se trasladan en automóvil (cuyo parque creció a tasas superiores al 7% anual en las décadas anteriores), buses, taxis (más de 40 mil), taxis colectivos y combinaciones de todos los anteriores. En particular, su sistema de buses integrado con el Metro (Transantiago) está asociado a un fenómeno lamentablemente único pero típico de países emergentes (subdesarrollados): una tasa de evasión tarifaria superior al 25%.

Por otro lado, como cualquier capital viva, Santiago ofrece la posibilidad de observar eventos, planeados o no, que permitan aprender o probar nuevas estrategias de planificación y operación. Por ejemplo, accidentes importantes que corten vías, huelgas que afecten la operación de servicios, o construcciones y mejoras urbanas que perjudiquen la operación normal de la ciudad. Estos acontecimientos, incluyendo otros de naturaleza programable (como operar servicios menos frecuentes, alterar la programación de semáforos, cerrar o reducir la capacidad de vías), se pueden aprovechar para estudiar fenómenos de gran complejidad, como el comportamiento de usuarios frente a múltiples alternativas, y permiten disponer de un laboratorio de simulación firmemente asentado en la realidad.

Adicionalmente, en Chile se han implementado novedosas políticas y programas de vivienda por más de cien años. La



FOTOGRAFÍA KARINA FUENZALIDA.



#### UNIDAD VECINAL PORTALES.

Esta villa, ubicada en la comuna de Estación Central, es un ejemplo de los grandes conjuntos habitacionales construidos en Chile bajo los preceptos del “Movimiento Moderno”.

## Santiago tiene una población superior a los 6,5 millones de habitantes, una superficie cercana a los mil km<sup>2</sup> y una tasa de motorización de aproximadamente 0,6 vehículos/hogar. Estas cifras han ido creciendo constantemente en las últimas décadas.

huella visible de esta experiencia en Santiago permite aprender de los principales desafíos enfrentados por el país en materia de vivienda y desarrollo urbano, que otras metrópolis latinoamericanas y del mundo emergente comparten. Por ejemplo, hasta los años 70 se construyeron grandes conjuntos habitacionales bajo los preceptos del “Movimiento Moderno” (conjunto de tendencias de la Arquitectura surgidas las primeras décadas del siglo XX), con equipamiento y servicios que acompañaban la vivienda social. Estos constituyen ejemplos paradigmáticos de temas vigentes hoy como densificación y diversidad, escala de agrupación y espacio colectivo. Por otro lado, las desafortunadas erradicaciones de asentamientos informales en los años 70 y 80 fueron un ejemplo de práctica cuyo costo social supera ampliamente los posibles beneficios de legalización y ordenamiento territorial. Si bien dejaron una huella de segregación socioespacial en la ciudad, también marcaron la valorización de las redes sociales y la localización residencial.

En los años 80 los asentamientos informales fueron radicados con programas de saneamiento que detonaron un proceso constructivo de consolidación de barrios entre los propios pobladores. Ello permitió un aprendizaje fundamental, aplicado en los años 90 a los programas de vivienda incremental, que lograron aumentar notablemente la producción de vivienda social descartando potenciales tomas de terreno que podrían poner en peligro la naciente democracia.

En los años 80 también se instauró el sistema de subsidio directo a la demanda, exportado a América Latina como sistema ABC (abono, bono y crédito), que permitió apoyar al sector

inmobiliario y bajar los costos de producción de casas, pero provocó vastas áreas de soluciones habitacionales sin equipamiento y servicios urbanos adecuados en barrios periféricos, generando el problema de “los con techo”. Sin embargo, sigue siendo una forma de acción público-privada, eficiente en algunos casos, de la cual es posible aprender (como los subsidios de renovación urbana, de localización o de integración). Finalmente, en los últimos años se han estado aplicando estrategias multisectoriales y participativas, que aspiran a abordar barrios vulnerables de forma integral. Un buen ejemplo es “Quiero Mi Barrio” (ver recuadro), que como programa de acción innovadora ofrece un rico campo de aprendizaje.

Todos los atributos anteriores convierten a Santiago en un laboratorio natural paradigmático para la experimentación científica e investigación multidisciplinaria en una variedad de temas relacionados con el urbanismo, el transporte y, en general, la calidad de vida de las personas. 

### Quiero Mi Barrio

El Programa de Recuperación de Barrios “Quiero Mi Barrio”, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), surgió en el año 2006 como una de las medidas presidenciales del primer Gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet.

Desde un comienzo, la apuesta fue iniciar una recuperación física y social a escala barrial, facilitando el vínculo con la ciudad.

Este trabajo se desarrolla junto a las personas y el municipio local, a través de un proceso que permite el encuentro, la participación y la vida en comunidad.

En 2014 el Programa “Quiero Mi Barrio” volvió a ser medida presidencial y fueron seleccionados 203 nuevos lugares en las 15 regiones del país.

(Más información en: [www.minvu.cl](http://www.minvu.cl))



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

# Colecciones Patrimoniales

EXTENSIÓN CULTURAL

## Colección Joaquín Gandarillas Infante

### Sala Joaquín Gandarillas Infante

Centro de Extensión  
Av. Lib. Bernardo O'Higgins 390, Santiago.  
Abierta de lunes a sábado de 10 a 20 hrs.  
ENTRADA LIBERADA  
Visitas guiadas gratuitas para escolares  
y público general previa inscripción en  
artesvisuales@uc.cl o al teléfono 22354 6598

La Fundación Joaquín Gandarillas Infante entregó en comodato a la UC esta colección de obras de arte colonial para su preservación y difusión, de tal manera que se convierta en un testimonio cultural de valor artístico y espiritual. La colección se centra mayoritariamente en una devoción mariana, representada por obras producidas en Bolivia, Perú y Chile entre los siglos XVII y XVIII que patentizan la vinculación entre la catequización de la civilización andina y las normativas de misioneros de la Iglesia Católica. Así, pinturas, tallas, platería y mobiliario son exhibidos en muestras temáticas que cambian cada 6 meses, lo que contribuye a acrecentar y educar sobre el acervo cultural de nuestro país y de Latinoamérica.



Arcángel arcabucero  
Maestro de Calamarca (José López de los Ríos)  
Escuela paceña  
c. 1695  
Óleo sobre tela

Colección de más de 300 piezas prehispánicas, históricas y etnográficas (líticos, cerámicos, maderas, textiles y otros), donadas a nuestra casa de estudios por el profesor Gastón Soubllette, y pertenecientes a culturas de la región andina como la Mapuche, Inka, Moche, Diaguita, Arica, Atacameña, Nazca, Tiwanaku, entre otras. La exhibición, cuyas piezas recorren desde la prehistoria hasta objetos realizados a fines del siglo XIX, pone especial acento en los aspectos estéticos y simbólicos, a fin de conocer y valorar las producciones de nuestros pueblos originarios bajo una perspectiva educativa, contribuyendo así al reconocimiento de las diversidades culturales de nuestro pasado y presente.



Kultrun o instrumento de percusión de machi  
Mapuche, siglo XX  
Madera y cuero

## Aula de Arte Nuestros Pueblos Originarios

**Aula de Arte Nuestros Pueblos Originarios**  
Campus Oriente  
Av. Jaime Guzmán Errázuriz 3300, Providencia.  
Abierta de lunes a viernes: 10 a 13.30 hrs.  
y 15 a 19 hrs.  
ENTRADA LIBERADA  
Visitas guiadas gratuitas para escolares y  
público general previa inscripción en  
artesvisuales@uc.cl o al teléfono 22354 6598



**RODRIGO ESCOBAR MORAGAS**

Es ingeniero mecánico de la Universidad de Santiago, master of science y doctor por la Universidad Carnegie Mellon, Estados Unidos. Académico de la Escuela de Ingeniería de la UC y director de la Línea de Electricidad Solar del Centro de Tecnologías de Energía Solar (CSET). También es integrante del comité académico del Centro del Desierto de Atacama UC.



# *El imperio* del SOL

Somos el territorio que mayor radiación solar recibe por unidad de área en el mundo y un laboratorio natural de proporciones inmensas para la generación de otras fuentes de energías renovables. En cada zona geográfica podemos establecer particularidades y ventajas comparativas en el estudio y utilización de al menos alguna de ellas. Por estas razones, el país está llamado a convertirse en un centro generador de conocimiento relevante a nivel planetario.

Por RODRIGO ESCOBAR MORAGAS  
Fotografías CRISTÓBAL CORREA MONTALVA y  
RODRIGO ESCOBAR MORAGAS

**Transformar el sistema energético del país y convertirnos en una potencia exportadora de electricidad a toda América Latina no es una utopía, sino una realidad alcanzable. Sin embargo, se requiere planificación, inversión y, sobre todo, un esfuerzo sostenido en investigación y desarrollo para lograrlo.**

C

hile tiene las condiciones ideales para convertirse en la mayor potencia productora de energía solar del mundo. Esta afirmación se ha establecido como una certeza científica sobre la base de estudios y mediciones realizados entre su frontera norte y el área centro-sur. La gran cantidad de días claros durante el año y la baja carga de aerosoles

tienen como efecto principal que en la zona norte se reciban anualmente los niveles más elevados de radiación de este tipo en el planeta.

Los mismos cielos limpios que permiten posicionarnos como la capital mundial de la Astronomía, también favorecen el aprovechamiento del sol como fuente principal de energía limpia y sustentable. A esto se suman las grandes extensiones de terreno apto para recibir la instalación de estas plantas, la demanda creciente, la relativa cercanía a centros de consumo y la posibilidad cierta de involucrar a la industria local en el desarrollo y manufactura de componentes y sistemas. Es evidente que estamos en presencia de una oportunidad de desarrollo energético nunca antes vista.

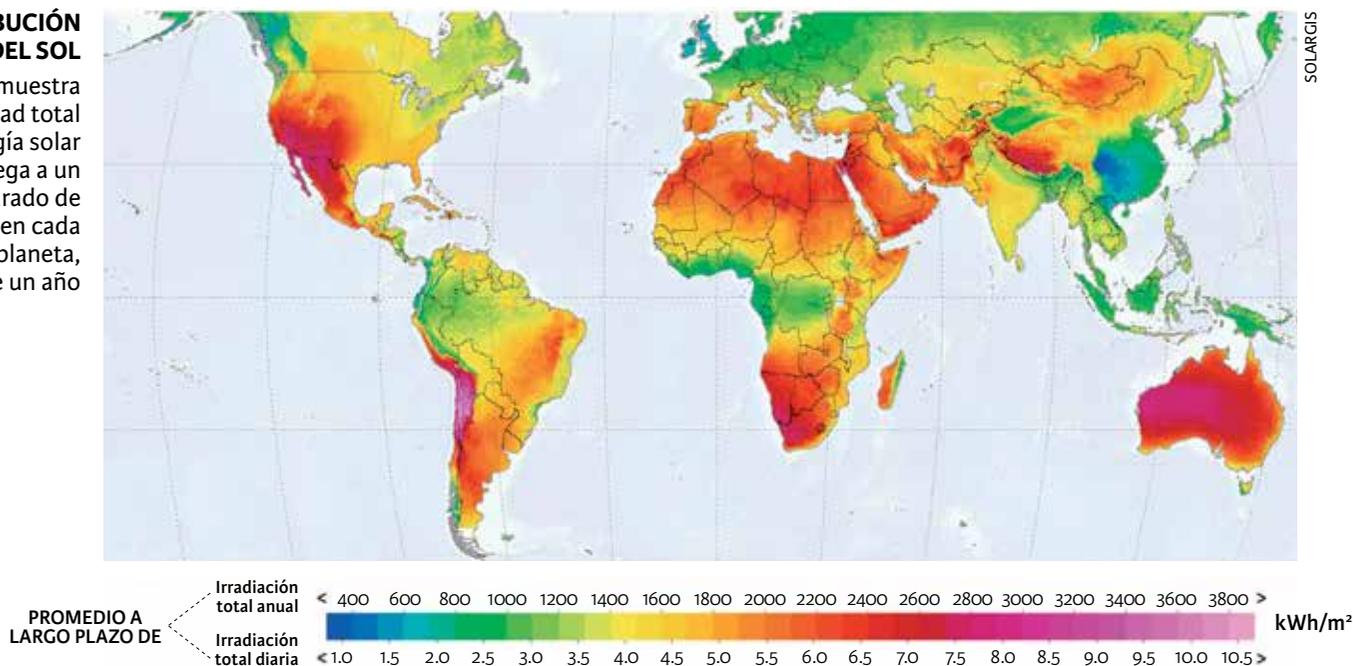
**LA LABOR DE ALTO PATACHE.**

En la estación experimental de la UC, ubicada en la Región de Tarapacá, se realizan estudios integrados sobre sistemas de energía solar y su desempeño en condiciones climáticas variables.



## LA DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DEL SOL

La figura muestra la cantidad total de energía solar que llega a un metro cuadrado de superficie, en cada punto del planeta, durante un año



SOLARGIS

Tradicionalmente consideramos el Norte Grande como el área con mayor potencial en este ámbito, debido a la asociación natural entre sol y desierto. Sin embargo, no solo en esta zona tenemos los mayores niveles de radiación en el mundo, sino que prácticamente todo el territorio hasta Curicó muestra valores superiores a los que existen en el sur de España, lugar de enorme desarrollo en energía termosolar de concentración. Por su parte, Alemania es reconocida como líder mundial en penetración fotovoltaica, ¡con cifras equivalentes a lo registrado en Aysén y Magallanes!

En otras palabras, Chile tiene mejores condiciones que los países más destacados en este ámbito, tanto en producción como en oportunidades para I+D+i+e (investigación, desarrollo, innovación y emprendimiento).

## ALTERNATIVA EFICIENTE DEL FUTURO

Si consideramos que el consumo eléctrico de Chile alcanzó los 69.000 GWh (gigawatt hora) en 2013, un simple ejercicio permite determinar el área requerida para suministrar el 100% de la electricidad mediante esta otra alternativa. Una planta termosolar de concentración con almacenamiento térmico puede producir aproximadamente 500 GWh/año, generando potencia 24 horas al día durante gran parte del año. Para esto se ocupa una superficie de 700 hectáreas de terreno desértico plano. Así, utilizando poco menos de 1.000 km<sup>2</sup>, es decir, el uno por ciento de la superficie del desierto de Atacama, se podría satisfacer el total del consumo anual. Todo esto con la tecnología actual, la cual solo será más eficiente en conversión y más barata en el futuro.

**Alemania es reconocida como líder mundial en penetración fotovoltaica, ¡con cifras equivalentes a lo registrado en Aysén y Magallanes! En otras palabras, Chile tiene mejores condiciones que los países más destacados en este ámbito, tanto en producción como en oportunidades para la I+D+i+e.**



FOTOGRAFÍA RODRIGO ESCOBAR.

**EL FRÍO DEL SOL.**  
Sistema solar térmico para refrigeración por absorción en Viña Miguel Torres.

Producir electricidad a gran escala o en esquemas de generación distribuida no es la única posible aplicación de la energía solar. Con las tecnologías actuales es posible suministrar un gran porcentaje del consumo residencial y comercial de calor sanitario e incluso de calefacción.



#### UNA ALTERNATIVA AL DIÉSEL.

También se puede entregar calor para procesos industriales de baja y alta temperatura, como lo demuestran las plantas de este tipo de Minera Centinela y Gaby, donde se reemplaza un porcentaje importante del consumo de diésel ocupado en el proceso de refinación de cobre.

Transformar el sistema energético del país y convertirnos en una potencia exportadora de electricidad a toda América Latina no es una utopía, sino una realidad alcanzable. Sin embargo, se requiere planificación, inversión y, sobre todo, un esfuerzo sostenido en investigación y desarrollo para lograrlo.

Producir electricidad a gran escala o en esquemas de generación distribuida no es la única posible aplicación de la energía solar. Con las tecnologías actuales es posible suministrar un gran porcentaje del consumo residencial y comercial de calor sanitario e incluso de calefacción. También se puede entregar calor para procesos industriales de baja y alta temperatura, como lo demuestran las plantas de este tipo de Minera Centinela y Gaby, donde se reemplaza un porcentaje importante del consumo de diésel ocupado en el proceso de refinación de cobre. Incluso es posible producir “frío solar” combinando suministro de calor y un refrigerador de absorción, tal como puede verse en la planta Curicó de Viña Miguel Torres. Esas aplicaciones y muchas otras permitirían cubrir un gran porcentaje de la demanda térmica y de refrigeración, al menos en las dos principales industrias del país: la minería y los alimentos.

Para convertir a Chile en una potencia solar a nivel planetario no solo es necesario analizar e investigar las características de la radiación en cada una de las zonas climáticas, sino también el efecto de las condiciones ambientales en otros factores como la durabilidad y confiabilidad de los materia-

les y componentes de los sistemas y equipos. Estos estudios resultan ser más fidedignos en un laboratorio natural abierto que bajo condiciones controladas, dentro de cuatro paredes.

#### INVESTIGACIÓN EN ALTO PATACHE

Gran parte de las actividades de investigación asociadas al concepto de laboratorio natural basadas en la UC se centran en la estación experimental de Alto Patache, ubicada en la Región de Tarapacá, donde se realizan estudios integrados sobre sistemas de energía solar y su desempeño en condiciones climáticas variables, además de su ensuciamiento, producción de agua, corrosión e impacto de las tecnologías en el ecosistema. Las ventajas que el lugar ofrece son amplias al combinar clima de desierto costero, de pampa o desierto profundo, y de oasis de niebla.

Otro esfuerzo nacional en este ámbito es la Plataforma Solar del Desierto de Atacama (PSDA), iniciativa liderada por la Universidad de Antofagasta en colaboración con el Centro Fondap, Solar Energy Research Center (SERC Chile). También hay interesantes actividades de colaboración internacional destacándose el Center for Solar Energy Technologies (CSET), la actividad conjunta de Fraunhofer Chile y la UC, las actividades en torno a la tecnología fotovoltaica que se realizan en conjunto con el Instituto de Energía Solar ISC Konstanz, y otras iniciativas desarrolladas con la Plataforma Solar de Almería, España.



FOTOGRAFÍA NICOLE SAFFIE

**TRABAJO EN TERRENO.**  
Un equipo de investigadores de la UC midiendo radiación solar en el desierto de Atacama.

## OTRAS FUENTES DE ENERGÍA

Adicionalmente en Chile existen ventajas comparativas para el estudio y la investigación de otras fuentes y sistemas de energía renovable. Su ubicación en el llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico” hace que sea una de las regiones con mayor actividad volcánica para generar energía geotérmica. Según estimaciones de la Universidad Chile sería posible obtener más de 16,000 MW, es decir, una cifra comparable al tamaño actual de la capacidad de generación eléctrica instalada en el país.

Con respecto a las energías del mar, de mareas y olas, diversos estudios muestran que esta nación tiene un potencial bruto de unos 164 GW. Una gran ventaja a nivel mundial es la alta densidad de energía por unidad de longitud, dada por las condiciones de oleaje regular producida en toda la cuenca del Pacífico, que la hace predecible. Nuestra geografía privilegiada permite la amplificación de la velocidad de las corrientes marinas generadas por mareas, muy apreciable al sur de Puerto Montt en la zona de fiordos.

También la energía eólica es importante, con vientos sostenidos tanto en la costa como en el interior a lo largo de todo el país. Por todas estas razones, estamos llamados a convertirnos en un centro generador de conocimiento relevante para el mundo entero. 🏔️



**EXPLORAR NUEVAS OPCIONES.**  
En Chile existen ventajas comparativas para el estudio y la investigación de diversas fuentes y sistemas de energía renovable: la actividad volcánica, el mar y el viento, entre otros.



### PARA LEER MÁS

**Energía renovable:** International Renewable Energy Agency:  
<http://www.irena.org/>

**Energía solar:** International Solar Energy Society:  
<http://www.ises.org/home/>



**JOSÉ RETAMALES ESPINOZA**

Es director del Instituto Antártico Chileno (Inach) y exrector de la Universidad de Magallanes. Ingeniero civil de la Universidad de Santiago de Chile, master of science en la especialidad de Ingeniería Química y doctor en Filosofía por la Universidad de Bradford, de Reino Unido.



# *El santuario que anticipa el futuro*

Lo que ocurre en el continente helado tiene repercusiones en la sustentabilidad y el medioambiente del resto de la Tierra. Aunque no podemos develar solos la complejidad del lugar, Chile es la llave de una de sus puertas. Articulando una efectiva cooperación internacional el país puede continuar creciendo y otorgando las claves para estudiar lo que es “casi” otro planeta.

Por JOSÉ RETAMALES ESPINOZA  
Fotografías CRISTÓBAL CORREA MONTALVA  
e INSTITUTO ANTÁRTICO CHILENO



#### SIGNOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.

Considerando que el oeste de la Península Antártica, donde se encuentran todas las bases nacionales, ha probado ser el sitio en que la temperatura aumenta más rápidamente en el mundo, es esta particular área un lugar privilegiado para observar los cambios que este aumento provoca en los seres vivos, en tierra y en el mar.

**P**unta Arenas es la ciudad más cercana a la Antártica: se necesitan menos de dos horas de vuelo o dos días de navegación y se llega a la isla Rey Jorge, en el área de la Península Antártica que concentra la actividad científica de nada menos que 22 países. Para la mayoría de ellos, provenientes del Hemisferio Norte, resulta difícil estudiar el continente helado. Pocos disponen

de buques rompehielos científicos o logran mantener laboratorios en sus bases. Por ello, Punta Arenas aspira a ofrecer un hermoso parque científico internacional que concentre la mejor ciencia de la región y acoja a estas naciones, como lo hacemos en los grandes observatorios astronómicos del norte.

Actualmente, son 53 los países adherentes al Tratado Antártico. De ellos, 34 desarrollan actividades de investigación en ese lugar, pero solo 29 tienen estaciones ahí. Estas son las “partes consultivas” del tratado, que se mantienen distribuidas en 80 puntos en la zona.

Chile está en una posición óptima para asumir un rol más activo en cooperación científica internacional, dada la situación logística actual de las 22 naciones que realizan actividades en la “Antártica sudamericana”: solo 12 cuentan con bases permanentes y ocho disponen de buques.

**La Región de Magallanes y Antártica Chilena es el área que, por lejos, más países usan para llegar al continente blanco. Miles de científicos, entre ellos 240 chilenos asociados a 90 extranjeros, desarrollan proyectos antárticos nacionales en 21 centros de investigación en nuestro territorio.**

#### INFRAESTRUCTURA PARA INVESTIGACIÓN.

Chile está en una posición óptima para asumir un rol más activo en cooperación científica internacional, por la situación logística actual de los 22 países que realizan actividades en esta “Antártica sudamericana”: solo 12 cuentan con bases permanentes y ocho disponen de buques.



Se pudo demostrar que la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) nunca ha sido tan alta como hoy, al menos en la historia conocida del planeta. Como el agua fría absorbe más CO<sub>2</sub> que el agua caliente, los organismos marinos de la Antártica sufrirán primero los efectos de la acidificación de los océanos provocada por el cambio climático.

Además, Chile tiene una gran oportunidad para el desarrollo de proyectos de I+D+i en un territorio que podría ser considerado como uno de los mayores laboratorios naturales del planeta. El continuo crecimiento de la actividad científica antártica, nacional e internacional, demuestra el interés mundial.

En la medida en que una nación adherente al Tratado Antártico firma el Protocolo de Protección al Medio Ambiente y, demuestra actividad científica en ese continente, puede acceder a ser "Parte Consultiva" del convenio (ver pág. 62)

### LA SEÑALES DEL HIELO

El reciente acuerdo de París es el resultado de la evidente preocupación mundial por el cambio climático global. Pocos dudan su origen antropogénico: El anhídrido carbónico atmosférico superó ya las 400 partes por millón (ppm), desde un nivel pre-industrial de 260 ppm hace solo 200 años. Esta es una variación drástica que modifica la temperatura del aire y la acidez

de los océanos. Tal como en los árboles encontramos "señales del pasado", en la Antártica el hielo ha mantenido congeladas *in situ* por millones de años, valiosas claves sobre el comportamiento del clima, en una suerte de faro que nos indica qué esperar del futuro.

El proyecto EPICA, formado por un consorcio de 10 estados europeos, extrajo de la parte oriental del continente un testigo de hielo de 3.270 metros de longitud. Del análisis de las burbujas de aire atrapadas en el hielo y de la composición de isótopos del agua se determinó que este abarcaba 800.000 años, ocho largos períodos glaciales, y ocho períodos interglaciales, más cálidos y más cortos.

Se pudo demostrar que la concentración de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, nunca ha sido tan alta como hoy, al menos en la historia conocida del planeta. Como el agua fría absorbe más CO<sub>2</sub> que el agua caliente, los organismos marinos de la Antártica sufrirán primero los efectos de la acidificación de los océanos provocada por el cambio climático. Teniendo en consideración que el oeste de la península Antártica, donde se encuentran todas las bases nacionales, ha probado ser el sitio en que la temperatura aumenta más rápidamente en el mundo, es esta particular área un laboratorio natural privilegiado para observar los cambios que este aumento provoca en los seres vivos, en tierra y en el mar.

La Región de Magallanes y Antártica Chilena es el área que, por lejos, más países usan para llegar al continente blanco. Miles de científicos, entre ellos 240 chilenos asociados a 90 extranjeros, desarrollan proyectos antárticos nacionales en 21 centros de investigación en nuestro territorio. Esta actividad ha aumentado enormemente en la última década, gracias a diversos acuerdos sostenidos entre el Instituto Antártico Chileno (INACH) y Conicyt, los cuales han incrementado las fuentes de financiamiento del Programa Científico Antártico Nacional.

### BASES ANTÁRTICAS DISTRIBUIDAS POR "SECTOR": Sudamérica, África y Australia-Nueva Zelanda

De las 80 bases que se muestran a continuación, la mayoría son permanentes. Hay algunas que funcionan solo en el verano, pero que igualmente son muy importantes para la ciencia. En el área este y oeste de la Península Antártica, solo entre Chile y Argentina tienen aproximadamente 20 bases.

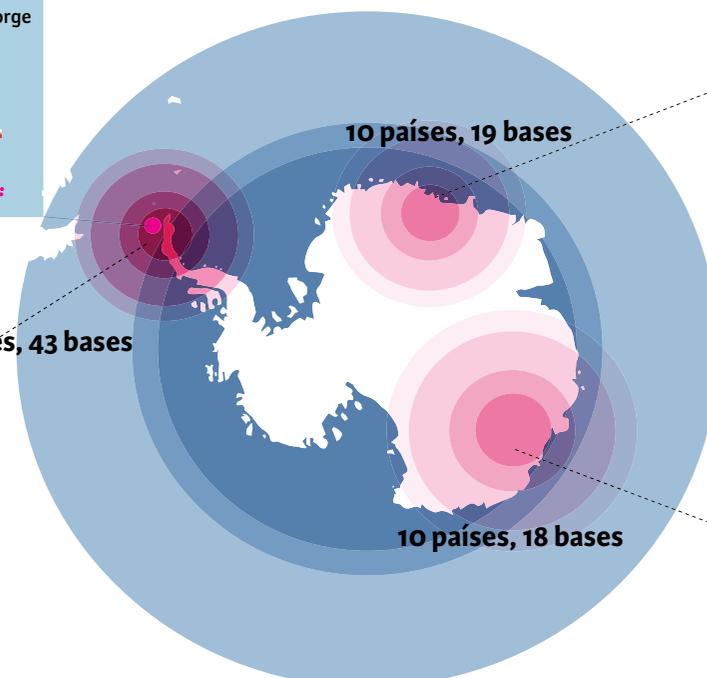
Fuente: INACH



22 países, 43 bases

CON BASES PROPIAS  
Chile, Corea, China, Polonia, Brasil, Uruguay, Argentina, Perú, Rusia, España, Estados Unidos, Bulgaria, Reino Unido, Ecuador, Ucrania, Alemania y República Checa

SIN BASES PROPIAS  
Holanda, Venezuela, Colombia, Portugal y Malasia



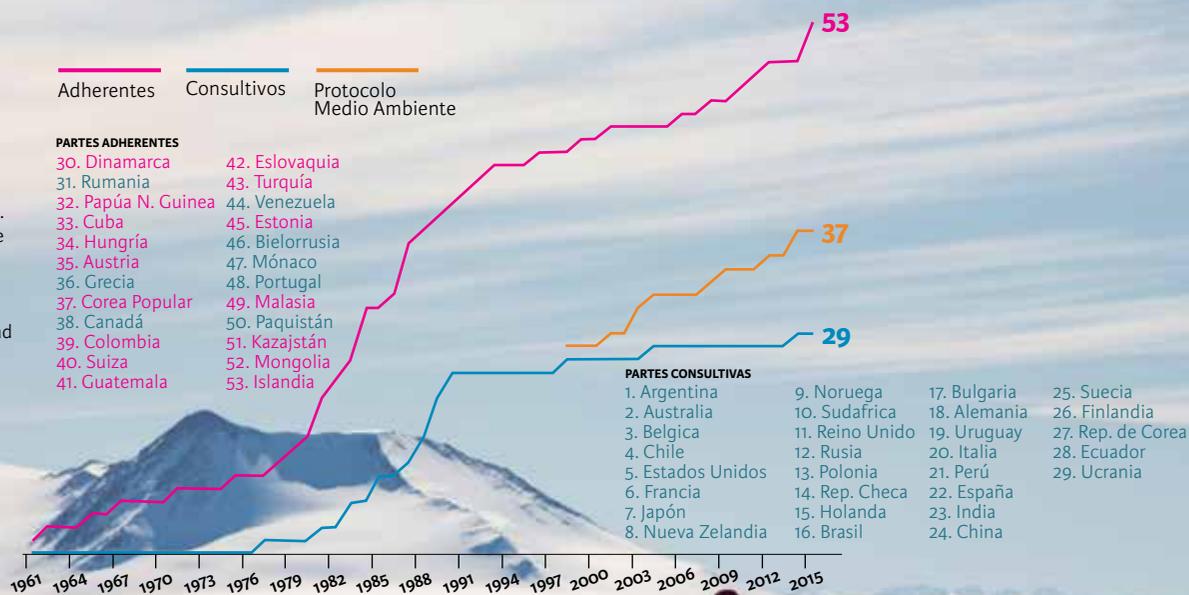
Rusia, Japón, Suecia, Finlandia, Noruega, Reino Unido, India, Bélgica, Alemania, Sudáfrica

Australia, China, Francia, Alemania, India, Italia, Corea, Nueva Zelanda, Rusia, Estados Unidos

## NACIONES DETERMINANTES

Aquellos países que se sientan en la mesa de decisión de este convenio que administra el continente son los consultivos. Para aspirar a esta categoría, se deben cumplir tres requisitos: ser adherente al tratado, al protocolo y demostrar que conducen una robusta actividad científica anual.

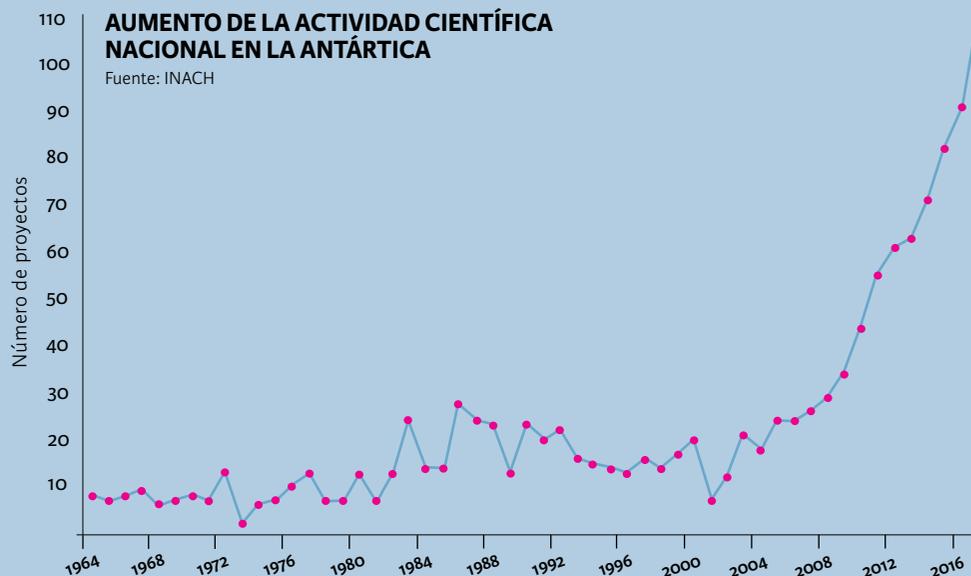
Fuente: INACH



AÑO	PUBLICACIONES
2008	23
2009	25
2010	31
2011	28
2012	37
2013	44
2014	46

## AUMENTO DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA NACIONAL EN LA ANTÁRTICA

Fuente: INACH



No todos estos proyectos precisan ir cada año a ese territorio, pero de igual manera aumentan las publicaciones chilenas de calidad en revistas científicas internacionales con comité editorial. Desde 23 el año 2008 a 46 en 2014.

El Inach está construyendo una red de plataformas científico-logísticas hacia el sur de la Península Antártica, abriendo nuevas oportunidades de investigación en laboratorios naturales con alto potencial para la generación de externalidades producto de la actividad científica. En los últimos tres años se han firmado siete convenios de cooperación con diferentes países que usan Punta Arenas como una plataforma hacia la Antártica.

El continente blanco es también un laboratorio natural para el estudio del sistema atmósfera-oceano; la actividad solar y la reflectividad de nuestro planeta; la física del plasma espacial;

la geociencia; los ecosistemas marinos y su biodiversidad; el potencial biotecnológico de bacterias y levaduras psicrófilas (que crecen a bajas temperaturas); la genómica de los organismos y microorganismos que viven en condiciones de extremo frío y sequedad; la fisiología y tolerancia a la congelación de las plantas antárticas; las macroalgas del océano y las microalgas de la nieve, entre otros.

Lo que ocurre en la Antártica tiene repercusiones en la sustentabilidad y el medio ambiente del resto del mundo. Sería presuntuoso pensar que podemos develar solos la complejidad de un continente cuya temperatura puede diferir hasta en cien grados centígrados! Pero somos la llave de una de sus puertas. Articulando una efectiva cooperación internacional podemos continuar creciendo y, con ello, ofreciendo a nuestro país la oportunidad de estudiar lo que es "casi" otro planeta. 🏔️

### PARA SEGUIR LEYENDO

"Testigos de hielo deparan datos sobre el clima de los últimos 800.000 años". Cordis, Servicio de Información Comunitario Sobre Investigación y Desarrollo (Oficina de Publicaciones de la Unión Europea). <http://cordis.europa.eu/> [www.inach.cl](http://www.inach.cl)

## EDITORIAL

### Continuación

Esta oportunidad es magnífica, pero también es fuente de obligaciones. Nuestros laboratorios naturales no estarán siempre allí, debemos cuidarlos y desarrollar una cultura ciudadana responsable y ser capaces de proyectar esa responsabilidad que asumimos ante el resto del mundo.

En este número hemos querido presentar una serie de artículos originalmente publicados en la Revista Universitaria de la Universidad Católica, que nos muestran, a través de connotados hombres y mujeres de ciencia, lo

que son estos “laboratorios naturales” en términos de biodiversidad extrema, el mar, los asentamientos humanos, los cielos oscuros, la actividad sísmica, las ciudades emergentes, la radiación solar y la Antártica.

Aprovecho esta oportunidad para agradecer muy sinceramente la valiosa colaboración de los editores de la Revista Universitaria, quienes acogieron con generosidad nuestra intención de difundir el contenido de este número de la revista a través del boletín DECYTI.



## NOTICIAS

### Coloquio “Chile plataforma astronómica mundial: Un desafío estratégico para la Política Exterior” en la ACADE.



El lunes 12 de diciembre se llevó a cabo en la ACADE el coloquio “Chile plataforma astronómica mundial: un desafío estratégico para la política exterior”, organizado por la Academia Diplomática y la Fundación Imagen de Chile.

El encuentro tuvo como objetivo analizar como potenciar las ventajas comparativas que tiene el país en el ámbito del desarrollo y la cooperación astronómica.

El Embajador Gabriel Rodríguez, Director de DECYTI, subrayó la necesidad de proteger los llamados “laboratorios naturales”, entre ellos los cielos. “Son de cierta manera, patrimonio del mundo y nosotros somos los guardianes. Si queremos apoyar la astronomía tenemos que mantener los cielos oscuros, proteger la biodiversidad, la limpieza del océano”, dijo.

El Presidente de CONICYT, Mario Hamuy, también presente en el coloquio, señaló que la falta de institucionalidad para la ciencia también repercute en esta área del conocimiento. “La institucionalidad en ciencia y tecnología está dispersa en distintas agencias, en distintos ministerios que no se coordinan debidamente, algo parecido, pero en menor escala, ocurre en la astronomía chilena”, indicó.

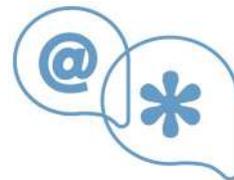
En la misma línea, Hamuy agregó que habiéndose desarrollado tanto la astronomía nacional -en investigación, número de estudiantes y centros astronómicos- es hora de pensar cómo se planteará el futuro. “Hace mucha falta definir una estrategia política, acciones o un plan de acción que involucre no sólo el desarrollo de la investigación, también la astroingeniería, el desarrollo turístico, cómo instalamos la astronomía como entidad nacional desde muy temprana edad, cómo la instalamos en el currículo del Ministerio de Educación”.



### Director DECYTI dirige Panel de Educación e Innovación en Universidad de Barcelona

Del 26 al 28 de octubre se realizó, en la ciudad de Barcelona, España, la X Conferencia Internacional Encuentros 2016, que este año tuvo como lema “Conocimiento para la Equidad Social”. La actividad, contó con la participación de destacados panelistas, entre ellos, el Premio Nobel de Química, Ei-Ichi Neguishi, así como el destacado sociólogo francés, Alan Touraine, entre otros.

En la oportunidad, el Director de DECYTI participó y moderó las sesiones “Experiencias de difusión científica desde redes académicas: Socializar conocimientos desde el extranjero”, que contó, entre otros, con la participación de los encargados de redes científicas y profesionales de Estados Unidos, España, Suiza, Países Bajos. En la sesión plenaria “Política científica en Chile y Europa: Debates para el desarrollo político institucional” el Embajador Rodríguez moderó la discusión que contó con la participación de la Secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación de España, el Rector en funciones de la Universidad de Barcelona, el Rector de la Universidad de Santiago de Chile, entre otros.



## NOTICIAS

### Subsecretario Riveros participa en la IV Reunión Ministerial de Gobierno Electrónico de América Latina y el Caribe



En el marco de la IV Reunión Ministerial de Gobierno Electrónico de América Latina y el Caribe, y X de la Red de Gobierno de América Latina y el Caribe (GEALC), desarrollada en la Cancillería los días 1 y 2 de diciembre, el Subsecretario de Relaciones Exteriores, Edgardo Riveros, moderó el Panel "Agenda Digital Chile 2020".

Dicho panel estuvo integrado por el Subsecretario del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Gabriel Fuentes; el Subsecretario de Transporte y Telecomunicaciones, Rodrigo Ramírez; la Subsecretaria de Economía, Fomento Turismo, Natalia Piergentili; y el Subsecretario de Hacienda, Alejandro Micco.

Este encuentro contó con la presencia de representantes gubernamentales de alto nivel de 22 países de la región, además de expertos de organismos internacionales que se ocupan de esta temática, como la OEA, el BID y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), con asistencia de expositores de Corea, Estonia y Reino Unido.

La Cancillería tuvo un importante rol en el desarrollo de esta reunión, tanto en el proceso de convocatoria de los gobiernos de la región, como en la definición de los temas de la agenda del encuentro, enfatizando en la incidencia de la gobernanza digital para la facilitación de las metas de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible.

Al término de la reunión de la Red GEALC, se aprobó la Declaración de Santiago, la que destaca la "firme determinación de continuar promoviendo el desarrollo de políticas públicas y estrategias de gobierno digital al más alto nivel político en los países de la región y de fortalecer la mencionada Red como la plataforma del diálogo, coordinación e integración regional en la materia".



### Director DECYTI expone en Seminario Desafíos Globales en la Era Digital

La Economía Digital, la Gobernanza de Internet y los desafíos regionales en Infraestructura Digital fueron algunos de los temas presentados por los expertos nacionales e internacionales que participaron en el Seminario "Desafíos Globales en la era Digital: Integración Regional, Políticas Comunes y Dilemas Institucionales", llevado a cabo el 30 de noviembre pasado.

La jornada, organizada por la Subsecretaría de Telecomunicaciones con el apoyo de la DECYTI, fue inaugurada por el Ministro de Transportes y Telecomunicaciones, Andrés Gómez-Lobo, quien expuso sobre la economía digital, factor económico disruptivo y de integración regional. "Chile ha expuesto su posición de principios en el desarrollo de infraestructura digital como factor habilitador transversal de industrias productivas y como factor de inclusión y democracia. Pese a los alentadores logros alcanzados y proyectos en curso, en nuestro país persisten algunos desafíos. El más importante guarda relación con que aún se observan brechas para que los beneficios de la sociedad de la información lleguen a todos los ciudadanos. Y este trabajo es prioritario para el gobierno de Chile". Dijo la máxima autoridad de Transporte y Telecomunicaciones de Chile.

El Embajador Gabriel Rodríguez, por su parte, se refirió a los desafíos de la gobernanza de internet en la región, destacando el valor del multilateralismo para encarar los desafíos en esta materia.

## NOTICIAS



### Iluminación Sustentable para América

Durante tres días, 23, 24 y 25 de noviembre, se desarrolló en La Serena el XIII Congreso Panamericano de Iluminación, la reunión más importante del continente en materia de lumino-tecnia. El Congreso se realizó en la IV Región, la que se caracteriza por poseer los mejores cielos nocturnos del mundo, lo que constituye un recurso natural patrimonial y un laboratorio natural para el desarrollo científico y convierte a Chile en la plataforma astronómica del planeta. La Astronomía es una enorme oportunidad para el país, no sólo en el plano científico, sino también tecnológico, turístico, cultural y educacional.

La condición natural del cielo nocturno del norte de Chile se ve amenazada por la contaminación lumínica, fenómeno que como se vio durante el desarrollo del Congreso, está adquiriendo una extensión planetaria preocupante. Por ello, los esfuerzos para elevar el nivel técnico de la iluminación en Chile y el continente merecen todo el apoyo de la Cancillería y en particular de DECYTI, en palabras de su Director, el Embajador Gabriel Rodríguez, en la inauguración del Congreso.



### Promueven cooperación en Astronomía entre Chile y Argentina

En Buenos Aires, el 25 de noviembre pasado, se firmó el Acuerdo de Cooperación Binacional en temas de investigación astronómica, orientado a explorar alternativas para perfeccionar los instrumentos de cooperación científica entre Chile y Argentina, que crea una comisión de apoyo al desarrollo científico-tecnológico entre ambas naciones. El acuerdo fue sellado en la Embajada chilena, por representantes de organismos dedicados al desarrollo de esta disciplina de ambos países.

En el encuentro además se entregaron antecedentes en torno al proyecto LLAMA (Large Latin American Millimeter Array), iniciativa conjunta de Argentina y Brasil, cuyo objetivo es instalar y operar en territorio argentino un instrumento capaz de realizar observaciones astronómicas en longitudes de onda milimétricas y submilimétricas. LLAMA es un radiotelescopio similar al Atacama Pathfinder Experiment (APEX), instalado en el norte de Chile, lo que abre importantes perspectivas de cooperación.

La delegación fue encabezada por el Presidente del Consejo de CONICYT, doctor Mario Hamuy; y el Director DECYTI, Embajador Gabriel Rodríguez. Además participaron el Director del Programa de Astronomía de CONICYT, Luis Chavarría; el Presidente de la Sociedad Chilena de Astronomía, Sochias, doctor Ezequiel Treister junto a un grupo de científicos nacionales. La contraparte argentina estuvo integrada por el Subsecretario de Coordinación Institucional del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Sergio Matheos; y el Presidente de la Asociación Argentina de Astronomía, AAA, Guillermo Bosch.

## BREVES



### UC firma acuerdo con universidades suecas para realización de Foro Académico Chile-Suecia 2017

El 30 de noviembre último se firmó en Santiago una Carta de Intención entre las Universidades de Chile y Pontificia Universidad Católica y las universidades de Lund y Uppsala de Suecia, para potenciar la investigación conjunta entre ambos países.

DECYTI, que ha acompañado este proceso de acercamiento entre las universidades firmantes, estuvo presente en la ceremonia de firma del documento, la cual estuvo a cargo de la vicerrectora de Investigación UC, Sol Serrano; el vicerrector de Investigación y Desarrollo de la U. de Chile, Flavio Salazar; el Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lund, Olov Sterner; y la Vicedecana de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Uppsala, Marika Edoff.

La primera actividad que prevé este acuerdo es la realización de un Foro Académico Chile - Suecia, en Lund, en agosto de 2017.

Más Información: [crojasd@minrel.gob.cl](mailto:crojasd@minrel.gob.cl)

### Concurso Tu Creación Vale: joven realizador ganó concurso de micrometrajés para educar en propiedad intelectual

El micrometraje Un Cuento Ideal del realizador Vicente Schaerer obtuvo el premio al mejor micrometraje de la tercera versión del concurso Tu Creación Vale, campaña educativa creada por AmCham Chile, la cual busca reforzar la protección de la propiedad intelectual y favorecer así, la innovación y el emprendimiento.

Durante la premiación se destacó el alto nivel de los trabajos que se presentaron este año y el apoyo entregado al concurso por diversas entidades, entre ellas, el Consejo Chile California, a través de DECYTI.

Más Información: [cgueneaudemussy@minrel.gob.cl](mailto:cgueneaudemussy@minrel.gob.cl)

### 46° Reunión Ministerial de OLADE se desarrolló en Quito

El 25 de noviembre pasado se llevó a cabo en Quito, Ecuador, la 46° Reunión Ministerial de la OLADE, que reunió a ministros, viceministros, altos funcionarios, representantes de organismos internacionales y de organizaciones públicas y privadas vinculadas al sector energético de los países miembros de OLADE. Nuestro país fue representado por una delegación encabezada por la Subsecretaria de Energía, Sra. Jimena Jara, acompañada por representantes del Ministerio de Energía y de Cancillería.

En el marco de la reunión, se destacó el rol de OLADE como organismo de cooperación, coordinación y asesoría en materia de integración, protección y conservación de los recursos energéticos de la región. Entre las decisiones y declaraciones tomadas en esta importante reunión estuvieron “La Declaración de Quito”, y la elección del nuevo Secretario Ejecutivo de OLADE para el periodo 2017-2019 que finalizó con la elección del Ingeniero Alfonso Blanco Bonilla de nacionalidad uruguaya.

Más Información: [hgarci@minrel.gob.cl](mailto:hgarci@minrel.gob.cl)



## BREVES



### El Foro de Gobernanza de Internet urge a lograr el acceso universal a internet

El 11° Foro anual de Gobernanza de Internet (IGF), realizado en México entre el 6 y 9 de diciembre, ha recomendado que son necesarios nuevos enfoques para proveer acceso a Internet a todas las personas y cerrar una brecha digital que exacerba las desigualdades entre los países y dentro de ellos. En el evento se escucharon llamados a acciones concertadas para asegurar que los beneficios de este servicio lleguen a todos los miembros de la sociedad, así como a todos los países, tanto desarrollados como en desarrollo.

Los derechos humanos y la libertad de expresión en línea, la cooperación multisectorial y la ciberseguridad, las cuestiones relativas a la juventud y el género, y la brecha tecnológica que existe entre los países desarrollados y los países en desarrollo, fueron temas reiterados.

El Gobierno de Chile estuvo representado en el evento por un delegado de DECYTI, y representantes de la Subsecretaría de Telecomunicaciones y de la Subsecretaría de Economía.

Más Información: [jvialp@minrel.gob.cl](mailto:jvialp@minrel.gob.cl)

### Delegado DECYTI participa en Diálogo Internacional sobre Asesoría en Ciencia y Tecnología a los Ministerios de Relaciones Exteriores



Entre los días 18 y 19 de octubre de 2016, tuvo lugar en Viena, Austria, el Diálogo Internacional sobre Asesoría en Ciencia y Tecnología a los Ministerios de Relaciones Exteriores, organizado conjuntamente por el Instituto Internacional de Análisis Aplicado (IIASA), La Escuela de Derecho y Diplomacia de la Universidad TUFTS y la Red Internacional de Asesoría Científica a los Gobiernos (INGSA). A la reunión asistieron diplomáticos y científicos de 21 países.

Por parte de esta Cancillería, participó el señor Marcelo García, coordinador para Asuntos de Europa de DECYTI. El encuentro exploró las nuevas oportunidades para mejorar la calidad y la cantidad de las asesorías científicas y tecnológicas en las políticas de los Ministerios de Relaciones Exteriores.

Más Información: [mgarcias@minrel.gob.cl](mailto:mgarcias@minrel.gob.cl)

### Impulsan cooperación científica entre Chile y Brasil en el marco del Plan Chile - Sao Paulo



El día 7 de diciembre último, en el marco del Plan Chile-Sao Paulo, se realizó el taller entre FAPESP y CONICYT, organizado para fomentar las redes entre científicos chilenos y del estado de Sao Paulo.

La actividad, coordinada por CONICYT y DECYTI, se realizó en el marco del futuro Acuerdo de Cooperación de dicha Comisión con FAPESP, con el objetivo de promover cuatro áreas de investigación científica de alto potencial de cooperación entre ambas comunidades: Astronomía, Nanotecnología, Oceanografía y Agroindustria. En el marco del mencionado Acuerdo se espera generar futuras convocatorias y oportunidades de investigación en conjunto.

Más Información: [crojasd@minrel.gob.cl](mailto:crojasd@minrel.gob.cl)

Boletín DECYTI es una publicación de la Dirección de Energía, Ciencia y Tecnología e Innovación del Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile.

Su objetivo es mantener informado a quienes se desempeñan en el Ministerio y también a quienes se interesen desde otros ámbitos, respecto del trabajo que realiza DECYTI, en los aspectos internacionales de las políticas de energía, innovación, investigación y desarrollo en ciencia y tecnología. Incluye información sobre eventos y reuniones más destacadas.

## EQUIPO DECYTI

Director	Embajador Gabriel Rodríguez García - Huidobro
Subdirectora de Energía, Ciencia, Tecnología e Innovación	Ana María Troncoso
Secretaría Ejecutiva del Comité Chile del Consejo Chile California	Cristina Gueneau de Mussy
Coordinador de Universidades y Capital Humano Avanzado	Claudio Rojas
Coordinador de Energía y Asuntos de EE.UU. y Canadá	Héctor García
Coordinador de Europa e Innovación	Marcelo García
Coordinador de Asia, África y Medio Oriente	Juan Carlos Aguirre
Coordinador de Tecnologías Digitales y Sociedad de la Información	Juan Pablo Vial
Director Ejecutivo Chile - California Council	Ricardo Rodríguez
Secretaría	Paula Faundez
Secretaría	Patricia Silva

Teatinos 180, piso 12, Santiago - Chile

<http://www.minrel.gob.cl/boletinDECYTI>