

Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta
licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

Usted es libre de copiar, distribuir la obra en cualquier medio o
formato. Todo ello a condición de le dé el crédito a esta obra de manera
adecuada, proporcionando un enlace a la licencia, e indicando si se han
realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier forma razonable, pero no
de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo del licenciente.
Además, de que el material no se use con propósitos comerciales
y no se produzcan obras derivadas sobre la obra original.

La Serie Estudios de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo busca entregar información que permita avanzar en el diseño consensuado de estrategias de largo plazo en materia de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de nuestro país.

A continuación presentamos el estudio encargado al Grupo Technopolis y Cameron Partners que corrobora la calidad de laboratorio natural de la región SubAntártica de Magallanes y plantea como una oportunidad de generación de conocimiento y promoción de modelos sustentables de desarrollo territorial.

Índice

Resumen Ejecutivo	1	4.3.1 Infraestructura científica y logística	35
1. Introducción	4	4.3.2 Servicios científicos y logísticos	37
2. El concepto de laboratorio natural	8	4.3.3 Conocimiento y recursos humanos	38
3. La Región Subantártica en Magallanes	13	4.3.4 Condiciones de trabajo	39
3.2 Validación de las características distintivas y de las disciplinas científicas claves de la Región Subantártica en Magallanes por parte de la comunidad científica internacional	21	4.4 Conclusiones	40
3.2.1 Entrevistas con investigadores destacados	22	5. Impactos, potencial de encadenamiento y el paradigma de desarrollo de un laboratorio natural en la Región Subantártica	42
3.2.2 Análisis de tendencias bibliométricas internacionales	24	5.1 Posibles impactos de un laboratorio natural en la Región Subantártica en Magallanes	43
3.3 Conclusiones	26	5.1.1 Impacto del incremento del comercio sobre la economía en general	44
4. Situación actual para la promoción de un laboratorio natural en la Región Subantártica	27	5.1.2 Impacto del incremento del conocimiento científico sobre la ciencia y el desarrollo tecnológico	45
4.1 Contexto estratégico para el desarrollo de la Región Subantártica como laboratorio natural	27	5.1.3 Impacto del conocimiento científico absorbido comercialmente sobre la economía y la innovación	47
4.2 El Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación	30	5.1.4 Impacto de las capacidades adquiridas por empresas proveedoras de los generadores de conocimiento en el marco de proyectos de desarrollo sobre la competitividad	50
4.2.1 Actividades de investigación	32	5.1.5 Impacto del desarrollo de capital humano con competencias avanzadas sobre el mercado laboral	51
4.2.2 Recursos humanos para la investigación en la Región de Magallanes	33	5.1.6 Impacto del conocimiento transferido libremente y de inversiones públicas sobre la sociedad en general	52
4.2.3 La producción científica regional en general	34		
4.3 Necesidades de la comunidad científica para el desarrollo de la Región Subantártica como laboratorio natural	35		

5.2 Potencial de encadenamiento de un laboratorio natural en la Región Subantártica	53
5.3 El paradigma de desarrollo de un laboratorio natural en la Región Subantártica	57
5.4 Conclusiones	61
6. Andamiaje de una estrategia de promoción de la Región Subantártica en Magallanes como laboratorio natural	64
6.1 Lineamientos estratégicos	65
6.2 Visión	66
6.3 Objetivos estratégicos y ámbitos de acción de la estrategia	67
6.4 Ámbitos de acción y acciones específicas	67
7. Conclusión	69
Bibliografía	72



REGIÓN SUBANTÁRTICA: IMPULSORA DE DESARROLLO E INNOVACIÓN

Technopolis group y CameronPartners

15 de octubre de 2015

Resumen Ejecutivo

Este estudio, entiende un laboratorio natural como un espacio geográfico delimitado, que posee características únicas, difícilmente reproducibles o que se preservan prácticamente en su estado original, en los que es posible observar y probar hipótesis sobre procesos naturales de interés científico, ya sea por sí mismos o por los efectos que se manifiestan en él.

El análisis de algunos de los laboratorios naturales más emblemáticos del mundo permite distinguir una serie de características comunes relativas a los actores que conviven en estos territorios, los factores que favorecen el desarrollo de la actividad científica en ellos, los resultados, efectos e impactos de esta actividad en la economía y la sociedad. Por dicha razón, además ser un territorio único, un laboratorio natural es un 'sistema territorial' en el que conviven e interactúan actores, intereses y territorios. El conocimiento actúa como el mortero de dicho sistema.

El presente estudio corrobora que la Región Subantártica en Magallanes (RSAM) posee una serie de características naturales, ambientales, geográficas y naturales que, junto a sus fenómenos asociados, hacen de ella un lugar único en el mundo.

El valor científico de las singularidades de la RSAM es apreciado por la comunidad científica local e internacional. Dicho reconocimiento se expresa en el contexto más amplio del interés creciente de la comunidad científica internacional por el espacio subantártico y las características y fenómenos comúnmente asociados a él. Entre una amplia gama de intereses de estudio, se considera al territorio subantártico como un espacio propicio, en particular, para el estudio del fenómeno del cambio global, entendido en el amplio sentido del concepto, trascendiendo múltiples disciplinas de las ciencias.

El estudio de la principales características distintivas de la RSAM está vinculado principalmente con disciplinas en el ámbito de las ciencias de la tierra y biológicas. Sin embargo, el estudio de muchos de los fenómenos que en ella tienen lugar requieren adoptar un enfoque pluridisciplinario que frecuentemente despierta el interés de las ciencias sociales.

La Región de Magallanes cuenta con capacidades institucionales científicas fuertes que facilitarían el desarrollo de una actividad científica más intensiva alrededor del concepto de 'laboratorio natural'. Sin embargo, la falta de una masa crítica de investigadores, sobre todo de alto nivel, así como la ausencia de un marco estratégico para el desarrollo de la ciencia a nivel regional, sigue limitando el desarrollo de las capacidades científicas de la región.

Existen necesidades para la realización de actividades científicas en la región, vinculadas a cuatro ámbitos principales: i) infraestructura científica y logística, ii) servicios científicos y logísticos, iii) conocimiento y recursos humanos y iv) condiciones de trabajo. Si bien, ninguna de estas categorías representa limitaciones que restrinjan en la actualidad el desarrollo de la actividad científica, se trata de dificultades que al ser aminoradas podrán facilitar el desarrollo de la ciencia sobre la Región Subantártica, y por tanto, deben ser consideradas en el diseño de una estrategia de promoción.

Para que la investigación científica que se realiza en un laboratorio natural pueda llegar a ser impulsora de desarrollo para su territorio, ésta debe tener relación con su entorno socioeconómico, recibir y buscar impulsos externos provenientes de éste, transferir este conocimiento a dicho entorno en forma intencionada y activar los resultados de la actividad científica.

El impacto de una política de promoción del laboratorio natural en la RSAM en términos de innovación tecnológica sería limitado en el corto y mediano plazo. Además, la baja intensidad tecnológica del tejido económico regional indica que la mayoría de los derrames tecnológicos y a fuerte valor agregado que resulten de una inversión en favor de la ciencia local, ocurrirían fuera de la región.

Por tanto, una estrategia de promoción del territorio como laboratorio natural debería enfocarse en el fomento de un sistema de 'innovación territorial', más que en la innovación tecnológica y de mercado. Dicho sistema tiene como principal objetivo el desarrollo de nuevas formas y procesos de organización y gestión del territorio y su población, con miras a introducir y adoptar soluciones innovadoras en favor del desarrollo sustentable de la región.

En el corto plazo el impacto económico de un laboratorio natural desde la perspectiva de la actividad científica estará definido por los recursos que gasten en la Región las expediciones científicas que no son de la Región y por recursos económicos que se inyecten a las entidades que realicen investigación científica local. En el mediano y largo plazo, el impacto económico de la promoción de un laboratorio natural debería tender a reflejarse en el aumento del gasto en bienes de capital, insumos y servicios de mayor valor añadido, desarrollados en el mismo territorio y activados por la actividad científica, así como en la capacidad de las entidades generadoras de conocimiento para transferir el conocimiento generado en forma comercial.

Los encadenamientos científicos en el contexto de un laboratorio natural subantártico serán aquellos que faciliten la transmisión de conocimiento (notecnológico en general) desde y entre la ciencia, los sectores productivos, la sociedad civil, el gobierno y los gestores del territorio, con la intención de fortalecer el desarrollo y la protección del territorio y de su patrimonio.

Los mecanismos tradicionales de transferencia de conocimiento y de comercialización tecnológica (p.e. derechos de propiedad intelectual) son de menos relevancia en este contexto, que las herramientas de difusión y gestión de conocimiento dirigidos hacia la sociedad en general (p.e. políticas de *open data*).

De esta forma, el desarrollo de un sistema de innovación territorial en torno al laboratorio natural subantártico de la Región de Magallanes representa una oportunidad única para mejorar el conocimiento de nuestra sociedad en torno a algunos de los principales retos globales contemporáneos, así como para promover un modelo de desarrollo sustentable del territorio.

1. Introducción

Las economías avanzadas basan su desarrollo científico en la disponibilidad de recursos tales como capital humano altamente cualificado, universidades y centros de investigación con instalaciones de punta y modernos equipamientos así como financiamiento. Además, destacan otros drivers tales como la asociatividad entre los generadores de conocimiento y los sectores productivos, la protección temprana y eficaz de la propiedad intelectual de los descubrimientos, la promoción efectiva de la transferencia de conocimiento que permite transformarlo en bienes y servicios innovadores.

Las economías en desarrollo en general no siempre cuentan con dichos recursos. Sin embargo algunas de ellas poseen espacios naturales con ventajas comparativas para el desarrollo de determinadas actividades científicas, de modo que podrían transformarse en actores importantes de la ciencia mundial por una vía diferente a la de las economías avanzadas.

Desde hace muchas décadas Chile se describe como una loca geografía (Subercaseux, 1940). Su especial emplazamiento está asociado a una serie de singulares condiciones geográficas, climáticas, atmosféricas, ecológicas y geológicas. Con el desierto más seco del mundo en el norte y los bosques subpolares y glaciares en el sur, una costa y una cordillera de miles de kilómetros. Desde el punto de vista de la sismología, Chile es uno de los países donde se ha liberado más del 40% de la energía sísmica en los últimos 100 años. Los ecosistemas subantárticos albergan una biodiversidad de musgos y líquenes reconocida como única a nivel mundial.

Chile es también un espacio para estudiar nichos donde el hombre americano se ha desarrollado en ambientes hostiles, en condiciones extremas de altas o bajas temperaturas, como en los bordes costeros del desierto de Atacama y en la Patagonia. La cultura Chinchorro y sus momias anteceden por casi tres mil años a sus símiles de Egipto, y el asentamiento humano más antiguo en el continente americano, cuya data excede los 13 mil años, está en Monteverde, cerca de Puerto Montt, lo que derrumba así las teorías de poblamiento americano, que dicen que éste comenzó desde el norte del continente (Explora, 2013).

Todo lo anterior presenta un fuerte atractivo para científicos de todas partes del mundo como una base para la investigación que hace uso de estos ambientes naturales altamente distintivos. Particularmente, la zona austral cuenta con varios espacios geográficos que poseen ventajas comparativas derivadas de sus condiciones naturales, geográficas y demográficas que le han permitido mantener ambientes impolutos, con potencial de convertirse en verdaderos laboratorios naturales que atraigan a científicos de talla mundial. Más específicamente, la Región Subantártica en Magallanes poseería extraordinarias oportunidades para la investigación científica en múltiples disciplinas debido a múltiples características únicas.

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo central del estudio es profundizar en el análisis que permita definir si la promoción de la actividad científica ligada a las características únicas de la Región Subantártica en Magallanes representa un camino viable para el desarrollo regional. En este contexto, en el marco de este estudio se dan respuesta a preguntas tales como:

- ¿Cuáles son las características distintivas que permiten considerar a la Región Subantártica en Magallanes un laboratorio natural?
- ¿Cuáles son las disciplinas y campos científicos para los cuales los atributos de la Región Subantártica en Magallanes representan activos de alto valor?
- ¿Qué infraestructura científicotecnológica requiere la comunidad científica para desarrolle trabajo de campo y de laboratorio en la Región Subantártica en Magallanes?
- ¿Qué iniciativas a nivel mundial pueden servir como modelo de instalación de infraestructura y servicios científicotecnológicos para dinamizar el desarrollo?
- ¿Cuál es la relevancia internacional de las características distintivas de la Región Subantártica en Magallanes para diversas disciplinas científicas?
- ¿Qué lecciones podemos aprender en cuanto a la gobernanza e institucionalidad para el desarrollo de la actividad científica así como gestión de estos territorios?
- ¿Qué factores han favorecido el desarrollo de la actividad científica en los laboratorios naturales?
- ¿Qué tipos de efectos han generado los resultados de la actividad científica realizada en los laboratorios naturales? ¿Han sido estos efectos beneficiosos para los territorios?
- ¿Cuáles impactos positivos podrían eventualmente generarse como resultado de promover la actividad científica en la Región Subantártica en Magallanes?
- ¿Sobre qué variables es posible observar los impactos?, ¿Es posible cuantificarlos? ¿Qué indicadores se pueden utilizar para medir estos impactos?
- ¿Qué recursos y servicios son necesarios para poder desarrollar la actividad científica en la Región Subantártica en Magallanes?

1.2 METODOLOGÍA UTILIZADA

Para poder dar respuesta a las preguntas que orientan este estudio, presentadas en la sección anterior, utilizamos una serie de herramientas metodológicas, que presentamos resumidamente a continuación:

- **Entrevistas telefónicas y presenciales con la comunidad científica regional, nacional e internacional:** Dichas entrevistas contribuyeron a la identificación de las principales características ambientales, biológicas, naturales de interés para la actividad científica en la Región Subantártica en Magallanes y las principales fortalezas y debilidades de las capacidades científicas de la Región..
- **Entrevistas de validación con investigadores internacionales** prestigiosos para conocer la opinión de la comunidad científica internacional sobre la relevancia de las características distintivas de la RSAM..
- **Entrevistas telefónicas y presenciales con los actores institucionales, a nivel nacional y regional:** Estas permitieron analizar el contexto político, institucional y estratégico del proyecto, identificar y analizar los estudios llevadas a cabo anteriormente, entender las prioridades de desarrollo regional, entre otros.
- **Análisis bibliométrico:** El análisis bibliométrico se llevó a cabo con el objetivo de identificar el tipo de producción científica que se produce al momento en la región, identificar las redes de colaboración que existen actualmente en la región, entender en qué áreas de la investigación se realiza dicha producción científica y colaboración.
- **Diagnóstico de la comunidad de usuarios:** Con base en el trabajo de análisis bibliométrico, las entrevistas individuales con la comunidad científica internacional y el análisis documental, llevamos a cabo un diagnóstico de la comunidad científica internacional con vínculos reales o potenciales con la Región SubAntártica chilena. Para ello se analizaron experiencias de **expediciones científicas realizadas en la RSAM**, en base a entrevistas a investigadores nacionales y extranjeros con experiencias de trabajo de campo en la Región, para identificar necesidades y, en lo posible, estimar efectos de la actividad científica en la RSAM.
- **Estudios de casos de laboratorios naturales**, seleccionados en base a una revisión documental que permitió identificar laboratorios naturales en el mundo donde se ha registrado un desarrollo considerable de la actividad científicotecnológica y que pueden ser referentes para el desarrollo de la RSAM. Los casos de analizaron apoyados en revisión documental y entrevistas a actores relevantes, para identificar factores que favorecen el desarrollo de la actividad científica en los laboratorios naturales y potenciales efectos de esta actividad en los territorios, lecciones en cuanto a la gobernanza e institucionalidad para el desarrollo de la actividad científica así como gestión de estos territorios.

- **Revisión documental de los resultados de la actividad científica sobre el desarrollo de un territorio**, en términos de actividades, productos, efectos e impactos hacia la comunidad científica, los sectores productivos, los proveedores, la sociedad en general, etc.

Las siguientes secciones del presente informe presentarán los principales resultados arrojados por el estudio. Los resultados detallados de cada una de las fases del estudio pueden ser consultados en los tres informes preliminares producidos.



2. El concepto de laboratorio natural

En Chile, el concepto de laboratorio natural proveniente del mundo de la ciencia, ha sido acuñado por el científico chileno José Miguel Aguilera y ex presidente de Conicyt (2010-2013), analizando el caso de la astronomía en el norte del país. Se refiere a un lugar geográfico que posee características únicas en el mundo, especialmente atractivas para el desarrollo de ciencia de frontera anclada a él (Benavente, 2014). De acuerdo a Aguilera (2013) un laboratorio natural debe poder prestarse para la investigación científica por una de las siguientes tres razones:

1. Ser una locación única a nivel mundial, que puede abarcar desde un territorio hasta un hito geográfico o geofísico, y que, como tal, presenta ventajas comparativas para la investigación científica en el amplio significado del término. Ejemplos de ello son la Antártica, las zonas sísmicas, los sitios arqueológicos (en Perú) y paleoantropológicos (como en Kenia y Tanzania), ecosistemas singulares (en Galápagos y Costa Rica) e incluso zonas de desastres como Bhopal en India o Fukushima Daiichi en Japón, para el estudio de las consecuencias en la salud humana debidas a la contaminación ambiental, química y radioactiva, respectivamente.
2. Haberse constituido una masa crítica o tradición en alguna disciplina científica específica que a través del tiempo ha alcanzado impacto internacional por sus aportes significativos a la ciencia y la tecnología. Un caso emblemático lo ha constituido la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad de Buenos Aires en Argentina, que albergó a dos premios Nobel de esa nacionalidad (Bernardo A. Houssay en fisiología, 1947 y Luis Leloir en química, 1970). Allí se han formado y han contribuido no solo investigadores argentinos, sino también estadounidenses, japoneses, ingleses, franceses, españoles y de diversos países latinoamericanos.
3. La definición e implementación de una política pública enfocada a un problema u oportunidad de relevancia nacional con alcance global. Por ejemplo, el caso del desarrollo de biocombustibles en Brasil, país que se adelantó por décadas en la generación de energía a partir de recursos renovables gracias a una política pública sostenida y a disponer de recursos naturales abundantes y de bajo costo (caña de azúcar) para el desarrollo de las tecnologías de producción de etanol.

El análisis preliminar del potencial de la RSAM como laboratorio natural se llevó a cabo a partir de dicho marco analítico. Sin embargo, también se tomó en cuenta una dimensión adicional considerada como prioritaria para la categorización de un laboratorio natural de relevancia global: la existencia de una demanda potencial por parte de la comunidad científica internacional para llevar a cabo investigación científica en la región relativa a sus características únicas.

En base a las cuatro dimensiones precedentes, el análisis demuestra que existen, sin duda alguna, características únicas que hacen de la RSAM un laboratorio natural en estado potencial. Particularmente la Región dispone de una serie de características geográficas, geológicas, ambientales, climáticas y ecosistémicas únicas para el estudio de diversas temáticas (Punto 1). Además, la evidencia indica la existencia de un interés por parte de la comunidad científica internacional por el estudio de dichas características y fenómenos asociados (ver Capítulo 3).

Sin embargo, tomando como base el entendimiento de un laboratorio natural con el que se inició este estudio, se llevó a cabo un análisis exploratorio para identificar regiones del mundo que podrían ser consideradas laboratorios naturales y que además tuvieran características relevantes para el análisis de la Región Subantártica en Magallanes (RSAM), por ejemplo en cuanto a la existencia de asentamientos humanos, desarrollo de actividades científicas, turísticas y/o logísticas. En este contexto los tres casos de estudio seleccionados fueron:

- **Islas Galápagos (Ecuador):** cuentan con un ecosistema único en el mundo, estudiado por investigadores durante más de un siglo. El territorio ha sido objeto de múltiples esfuerzos de promoción científica y conservación. Además, se trata de un territorio poblado, aun cuando se encuentra geográficamente aislado.
- **Gran barrera de Coral (Australia):** otro de los espacios naturales más estudiados, especialmente en relación con la conservación de ecosistemas y los efectos del cambio global en medios marinos. El territorio vinculado a este laboratorio natural cuenta con una fuerte presencia de entidades de investigación científica.
- **Christchurch y la Dependencia de Ross (Nueva Zelanda):** la ciudad de Christchurch representa una de las puertas de entrada a la Antártica y al laboratorio natural que conforma la Dependencia de Ross. El territorio ha sabido aprovechar esta situación como catalizador de desarrollo científico y socioeconómico¹.

A partir del estudio de estos casos, hemos afinado nuestro entendimiento de un **laboratorio natural como un espacio geográfico delimitado, que posee características únicas, difícilmente reproducibles o que se preservan prácticamente en su estado original, en los que es posible observar y probar hipótesis sobre procesos naturales de interés científico, ya sea por sí mismos o por los efectos que se manifiestan en él.**

El análisis de estos casos también reveló la existencia de una serie de características comunes adicionales, relativas a los actores que conviven en estos territorios, los factores que favorecen el desarrollo de la actividad científica en ellos, los resultados, efectos e impactos de esta actividad en la economía y la sociedad, que resumimos a continuación. En base a estas características, se ha desarrollado una visión “sistémica” del concepto de laboratorio natural en la cual la fuerzas vivas del territorio (p.e. sociedad civil, universidades, gobierno) y los medios de interacción entre ellos son de igual importancia que las características naturales y geográficas únicas.

¹ Los resultados de estos estudios de casos se encuentran documentados en detalle en el segundo informe de avance del presente estudio.

Los laboratorios naturales no solamente son «santuarios de la naturaleza» sino, también, territorios en los que conviven diferentes tipos de actores:

- Entidades que realizan actividades de investigación en forma permanente en el laboratorio natural
- Científicos y personal de apoyo que realizan actividades de investigación temporal en el laboratorio natural
- Empresas que proveen servicios a turistas y exploradores tales como transporte, alojamiento, gastronomía, etc.
- Empresas que ofrecen actividades recreativas tales como pesca, canotaje, navegación a vela, expediciones, etc.
- Empresas que explotan recursos naturales en el laboratorio natural, por ejemplo peces, animales, árboles, frutos, etc.
- Entidades que realizan actividades de gestión y cuidado del territorio así como mantenimiento de infraestructura de uso general.
- Asentamientos humanos presentes antes que la actividad científica se haya desarrollado o atraídos por la explotación de recursos naturales en el territorio.

Existen diversos factores que favorecen el desarrollo de la actividad científica en laboratorios naturales.

Dentro de ellos podemos destacar:

- La disponibilidad de infraestructura local para la investigación científica (principalmente estaciones científicas y laboratorios húmedos)
- La disponibilidad de capital humano para la investigación científica, ya sea de origen local o externo
- El establecimiento de vínculos con entidades con capacidades significativas de investigación
- La existencia de mecanismos que faciliten la colaboración y uso compartido de información, recursos y capacidades existentes, así como la participación de usuarios y actores interesados
- La presencia de al menos un actor pivote (público o privado) que logre estructurar los esfuerzos de los actores y gestores de los laboratorios naturales (por ejemplo, desarrollo de visión a corto, mediano y largo plazo), así como asegurar la creación de vínculos entre el laboratorio natural, la ciencia y el entorno socioeconómico
- La contribución del Estado en el fomento de la actividad científica y la provisión de un marco institucional, estratégico y de gobernanza para asegurar la protección del capital natural, desde una perspectiva de desarrollo sostenible.

Los resultados de la actividad científica realizada en los laboratorios naturales contribuyen a una gestión integrada de estos territorios y sus recursos naturales. En este sentido, las principales contribuciones que puede realizar la investigación científica sobre estos territorios se pueden resumir en:

- Mejorar la comprensión de la condición deseada de los ecosistemas y los límites para mantener procesos naturales en un estado saludable
- Alcanzar un entendimiento integrado del pasado y estado de las eco regiones, los procesos que apoyan su desarrollo y las presiones que las afectan
- Mejorar la comprensión del significado e implicaciones en el cambio global de las eco regiones
- Investigar la efectividad de las medidas de gestión actuales y potenciales para proteger y conservar las eco regiones de mejor manera y en caso necesario restaurarlas

También, estos resultados de la actividad científica realizada en los laboratorios naturales generan diversos efectos en los respectivos territorios que nos parecen significativos para la estimación de impactos de los laboratorios naturales:

- Aumento del conocimiento sobre los territorios
- Mejor reconocimiento a nivel mundial de los atractivos del laboratorio natural
- Desarrollo de capital humano con competencias avanzadas
- Generación de puestos de trabajo
- Incremento de la actividad económica a nivel regional y nacional
- Desarrollo de actividades turísticas y culturales a nivel regional

No obstante, no resulta fácil comprobar que los laboratorios naturales sean necesariamente territorios “que son, potencialmente, un tremendo impulsor de desarrollo [...] tecnológico, de innovación y, por lo tanto, de emprendimiento” como indica PCBS (2014), o que los principales atractivos de un laboratorio natural son “el desarrollo de entornos [...] tecnológicos con alto impacto económico” como indica Benavente (2014). Esta limitación se desprende principalmente de la naturaleza de las actividades científicas desarrolladas en los territorios estudiados (más vinculadas a las ciencias básicas) y con la dificultad para determinar los impactos de la actividad científica y sus efectos sobre el territorio, como se explica más adelante.

En términos generales, la mayoría de los efectos evidenciados en los estudios de casos han sido positivos. No obstante, también hemos observado externalidades negativas, como en el caso de Galápagos, donde las primeras etapas del desarrollo científico y la intensificación del turismo producto del mayor conocimiento científico generado sobre las islas, han generado importantes presiones sobre los ecosistemas, amenazando la conservación de la biodiversidad².

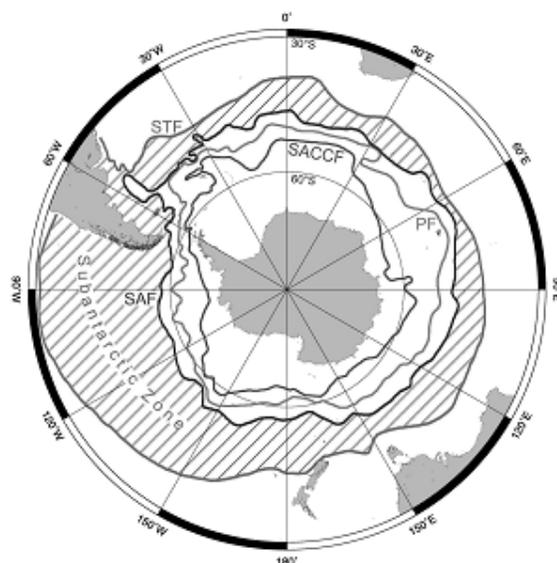
Pese a lo anterior, **la estimación de los impactos de los laboratorios naturales en los casos estudiados se ha restringido a la cuantificación de actividades comerciales**. En ninguno de los casos estudiados se identificaron indicios de que en estos territorios se realice otro tipo de estimaciones de impacto. Por lo tanto, en el contexto de este estudio se desarrolló un marco propio para estimar los impactos de laboratorios naturales desde una perspectiva más amplia, por ejemplo en el mercado laboral, la competitividad, en la sociedad en general, etc (ver capítulo 5).

² *Además, en el caso de Galápagos, pese a que la ciencia y la investigación en los últimos veinte años se han acercado mucho más a los problemas que preocupan a las personas y a las comunidades, hemos observado que algunos efectos no son fácilmente distinguibles en las comunidades locales, principalmente porque la mayoría de la investigación realizada en laboratorios naturales corresponde a ciencia básica, y por tanto, existe una percepción de distanciamiento entre las preguntas que busca responder la ciencia y las respuestas específicas que buscan las comunidades locales a sus problemas cotidianos.*

3. La Región Subantártica en Magallanes

Lo *subantártico* históricamente ha tenido variadas interpretaciones. Sin embargo, de acuerdo a Leppe *et al.* (2007), la definición más objetiva proviene de la oceanografía y del estudio de la dinámica de las masas de agua que rodean la Antártica, donde este concepto adopta una dimensión natural al considerar aspectos físicos y biológicos.

Figura 1
La Región Subantártica y sus límites naturales: Frente Subantártico (SAF) y Frente Subtropical (STF).



Fuente: Leppe *et al.* (2007).

Gracias a las diferencias fisicoquímicas de las distintas masas de agua se ha podido definir un límite natural para los océanos, denominado *Frente*. Así, el Océano Austral, localizado alrededor del Continente Antártico, contiene distintos *Frentes* asociados a la divergencia y convergencia de las aguas, limitándose al sur por las costas antárticas. Hacia el norte se encuentra el Frente Polar (PF) y luego el Frente Subantártico (SAF).

El Océano Austral se caracteriza por la presencia de la Corriente Circumpolar Antártica (SACCF), la más fuerte del mundo, de gran influencia en el clima mundial y que transfiere propiedades del agua de mar entre los océanos Pacífico y Atlántico (Barker and Thomas, 2004; Chaigneau y Pizarro, 2005). El límite norte de la Corriente Circumpolar es el Frente Subtropical (STF). Así, el área comprendida entre los frentes Subantártico (SAF) y Subtropical (STF) es la denominada Región Subantártica, cuya continuidad es solo interrumpida por el Cono Sur de América del Sur, como se observa en la Figura 1.

De este modo, las regiones de Aysén y Magallanes (sin el Territorio Antártico Chileno) quedan confinadas en la Región Subantártica, siendo ésta el foco de este estudio en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, denominándola así Región Subantártica en Magallanes (RSAM).

3.1 CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DE LA REGIÓN SUBANTÁRTICA EN MAGALLANES Y DISCIPLINAS CIENTÍFICAS CLAVES

Por su cercanía al continente antártico, cinco ciudades en el mundo son conocidas como puertas de entrada a la Antártica: Ciudad del Cabo (Sudáfrica), Christchurch (Nueva Zelanda), Hobart (Australia), Ushuaia (Argentina) y Punta Arenas (Chile), no obstante las ciudades más australes del mundo se encuentran en la RSAM. La situación geográfica de esta región le otorga un rol preponderante en el cono sur del continente americano, ejerciendo control sobre los pasos marítimos que unen los océanos Pacífico y Atlántico, y constituyendo un importante puente de conexión entre la comunidad residente en la Región y la Antártica.

La cercanía con la Antártica no sólo constituye una ventaja en términos logísticos, sino que fundamentalmente es un atractivo para la comunidad científica mundial. La RSAM posee características naturales únicas que le otorgan el potencial para convertirse en un laboratorio natural de excelencia. La comunidad científica nacional e internacional reconoce una serie de particularidades que son especialmente relevantes para el estudio de fenómenos de interés para diversas áreas del conocimiento en ciencias naturales y humanidades.

«[Una ventaja es] la unicidad de los ecosistemas que se tienen. Es el único lugar en el hemisferio sur que tiene un tierra tan al sur, más que Australia, Nueva Zelanda y África. Los ecosistemas chilenos son más cercanos al sector antártico que incluso Argentina. Y si queremos saber cómo será el futuro del sector antártico, debemos preocuparnos del subantártico. Entonces ahí está la clave del potencial de programas de investigación en la Región...» (CN01)

«A la Región hay gente que viene expresamente a estudiar esta parte de la Patagonia y se da exactamente porque es un sistema diferente, y eso es lo que llama la atención. Por ejemplo, se puede venir a probar la universalidad de una teoría en diferentes lugares, entonces la Patagonia viene siendo un lugar diferente a cualquier otro lugar. Tiene características que no ocurren en otros lugares.» (CN06)

El hecho que América del Sur y la Antártica fueran los últimos componentes gondwánicos en separarse³, ocasiona que ambos continentes estén estrechamente relacionados, tanto en sus componentes geológicos como biológicos. La separación de este supercontinente y el posterior aislamiento geográficoclimático del continente antártico, permiten formular diversas preguntas relacionadas al desarrollo histórico de su fauna terrestre, así como también sus relaciones zoogeográficas con áreas próximas (ZúñigaReinoso, MuñozEscobar y Hernández, 2013).

«... [la Región Subantártica] es un puente entre la Antártica y el resto del continente. Esto estuvo conectado a la Antártica en algún minuto... ¿Cómo esto se conecta con Antártica?, ¿Cuáles son esas conexiones?...es como una interface entre dos ambientes: una situación mucho más continental y otra Antártica.» (CL02)

3 En tiempos remotos, la península Antártica y Sudamérica formaron parte del megacontinente conocido como Gondwana. Su desmembramiento dio origen a las actuales Antártica, Sudamérica, Australia, África y al subcontinente de la India. (Torres et al., 2011)

Otra de las particularidades relevantes que presenta la Región Subantártica es su formación producto de los avances y retrocesos de los hielos durante el cuaternario. De este modo, también se convierte en un objeto de estudio atractivo para la ciencia, considerando que los canales de la Región que estuvieron cubiertos de hielo, dejaron como herencia un ecosistema terrestre y marino único que ha sido identificado como una de las 24 áreas mejor conservadas del planeta (Mittermeier *et al.* 2002).

Además, en la Región Subantártica en Magallanes, la influencia del agua subantártica proveniente del Atlántico y del Pacífico a través del Estrecho de Magallanes y los canales (Valdenegro and Silva, 2003), es de suma importancia, ya que ésta logra mezclarse con aguas superficiales provenientes de glaciares y ríos, creando aguas estuarinas y agua subantártica modificada, entre los 0 y 150 m de profundidad.

Junto con ello, la baja densidad poblacional de la Región de Magallanes y Antártica Chilena, se ha traducido en bajos niveles de intervención humana permitiendo conservar lugares en condiciones cercanas a lo pristino.

«A pesar de que la Patagonia ha sido impactada desde la colonia hasta nuestros tiempos, en términos relativos, es un lugar poco intervenido, con baja densidad poblacional, lo que a veces no está presente en otras zonas, y que hace de ella un lugar particular en el planeta.» (CN06)

Lo anterior se corrobora al analizar el uso de los suelos de la RSAM, donde la superficie utilizada como áreas urbanas e industriales es marginal respecto del total (4.669 ha), mientras que la extensión de humedales (3.236.662 ha), praderas y matorrales (3.059.948 ha), bosques (2.671.615 ha) y glaciares (1.795.347 ha) abarcan prácticamente la totalidad de la superficie de la Región (INE, 2014).

Finalmente, la RSMA presenta una diversidad climática que se caracteriza por las bajas temperaturas y fuertes vientos durante todo el año. En la Figura 2 se presentan los tipos climáticos de la Región de Magallanes de acuerdo a la clasificación de Köppen, los que se detallan a continuación.

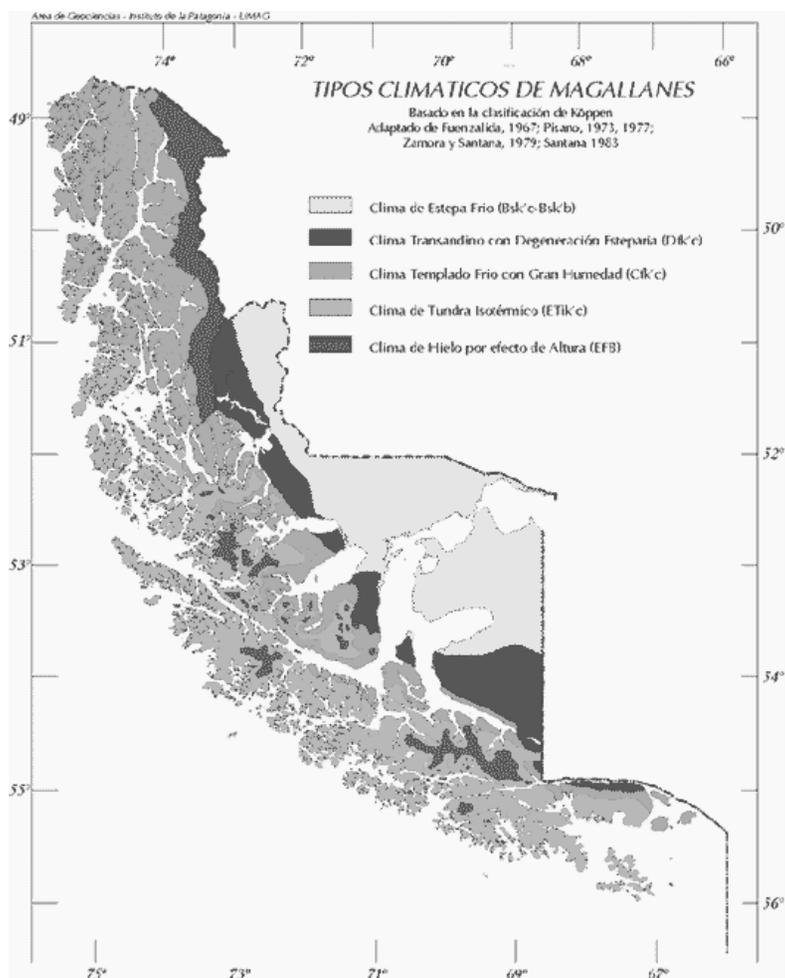
En la vertiente occidental y suroccidental se definen dos tipos climáticos de características similares, con abundantes precipitaciones y una cobertura nubosa permanentemente cerrada. La diferencia entre estos tipos es la amplitud térmica existente entre el verano y el invierno. Estos tipos climáticos son: i) **Clima templado frío con gran humedad (Cfk'c)** y ii) **Clima de tundra isotérmico (Etik'c)**.

El clima templado frío con gran humedad (Cfk'c) domina un sector comprendido entre los 48°30' S y los 51° 00' S aproximadamente. En los 51°00' S, este tipo climático se va introduciendo al interior de la zona de archipiélagos, dando paso por el litoral, al clima de tundra isotérmico (Etik'c), el que abarca el resto del sector occidental y sudoccidental de Magallanes, hasta el Cabo de Hornos.

Un tercer tipo climático de Magallanes es el que domina en alturas sobre los 700 msnm, correspondiendo a todo el cordón cordillerano y los sistemas montañosos regionales: **el Clima de hielo por efecto de altura (EFH)**. Esta área se caracteriza por recibir abundantes precipitaciones producto del enfriamiento adiabático de las masas de aire que las cruzan, con temperaturas inferiores a las necesarias para el derretimiento de las nieves, incluso en verano.

Ya en la vertiente oriental de los Andes, y en forma casi paralela a las regiones climáticas ya mencionadas, se encuentra un cuarto tipo climático continental: el **Clima transandino con degeneración esteparia (Dfk'c)**. Este tipo corresponde a una forma transicional de los climas extremadamente lluviosos y oceánicos de la costa occidental, antepuestos con las características desérticas del sector oriental. En la extensa zona del oriente magallánico y de Tierra del Fuego, domina un quinto tipo climático: el **Clima de estepa frío (BSk'c)**, el que se caracteriza por presentar una amplitud térmica más acentuada y una pluviometría relativamente baja.

Figura 2
Clasificación climática de Köppen para la Región de Magallanes



Fuente: Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes (2014)

En la Tabla 1 presentamos los principales atributos distintivos de la RSAM que han sido identificados en base a las entrevistas realizadas a miembros de la comunidad científica nacional e internacional que trabajan en este territorio. Junto a estos atributos se explican brevemente las principales características y se identifican las principales áreas del conocimiento vinculadas⁴.

De esta tabla podemos apreciar que los atributos distintivos de la RSAM son significativos para una diversidad de ámbitos del conocimiento, principalmente en las ciencias naturales (ciencias de la tierra y las ciencias biológicas), así como también en el ámbito de las humanidades, por ejemplo la historia, la arqueología y la antropología, así como en ciencias de la ingeniería, aunque en menor grado.

Tabla 1
Características distintivas de la Región Subantártica en Magallanes

ATRIBUTO	CARACTERÍSTICAS	ÁREAS
Existencia del complejo kárstico más austral del hemisferio sur	· Formaciones rocosas compuesta de calizas marinas (de aguas templadas a tropicales) en el margen occidental de la Patagonia (Isla Madre de Dios y Diego de Almagro). La acción erosiva del agua y el viento han producido una morfología kárstica característica, siendo éste el sistema kárstico activo más austral del mundo, con las más altas tasas de disolución hasta ahora registradas y con sistemas de cavernas que se extienden por kilómetros (CN06; SGCH, 2015).	Ciencias de la tierra (geología)
Diversidad de gradientes ambientales	· Existen gradientes latitudinales e.g. temperatura, salinidad, altitud, precipitaciones, composición geológica, actividad volcánica, entre otros, que conforman un laboratorio natural por sí mismos, permitiendo estudiar el efecto de un sinnúmero de variables en la biota y en el comportamiento del ecosistema subantártico (CN06).	Ciencias naturales (ciencias de la tierra, biología)
Presencia de los bosques templados más australes y de mayor superficie del Hemisferio Sur	· Bosques se extienden hasta el Cabo de Hornos (56°S), siendo los ecosistemas forestales más cercanos a la Antártica. · El bioma de los bosques templados de Sudamérica alberga las mayores superficies de bosques y humedales templados del Hemisferio Sur (Bryant <i>et al.</i> 1997 ; Keddy <i>et al.</i> 2009).	Ciencias naturales (biología)
Extensas áreas marinas poco estudiadas	· La Región Subantártica entre 40 ° S y 60 ° S se caracteriza por un pequeño porcentaje de área continental relativa al área oceánica donde la mayor masa continental es la Patagonia (CN06). · El estudio de la Región Subantártica reviste especial interés en lo que respecta a sus áreas marinas, dado que contienen una gran cantidad de biota (desde mamíferos a microbios), potenciales energéticos (por corrientes marinas) y otros servicios ecosistémicos (transporte marítimo, áreas de resguardo marino bahías, ensenadas para la acuicultura) de gran potencial científico y tecnológico que hasta ahora han sido poco estudiados debido a las dificultades de acceso.	Ciencias naturales (ciencias de la tierra, biología)
Posición geográfica privilegiada por su cercanía a la Antártica	· La cercanía a la Antártica le atribuye características naturales propias, conformando un ecosistema único que ha sido identificado como una de las 24 áreas mejor conservadas del planeta (Mittermeier <i>et al.</i> 2002). · Los ecosistemas terrestres y marinos representan el límite extremo de latitud sur para la distribución de numerosos grupos taxonómicos a nivel de especies, géneros y familias (Rozzi <i>et al.</i> 2007). Especies de flora como musgos y hepáticas, y de fauna, como moluscos, aumentan su riqueza de especies hacia latitudes más altas y alcanzan una diversidad máxima en la RSAM (Valdovinos <i>et al.</i> 2003, Rozzi <i>et al.</i> 2008) · Aguas y lluvias más limpias del planeta ya que se encuentran fuera del alcance de los contaminantes industriales transportados por las corrientes de vientos y se originan directamente en el Océano Pacífico Sur (Mansilla <i>et al.</i> 2012).	Ciencias de la tierra

⁴ De acuerdo a la taxonomía para la clasificación de disciplinas científicas ÖFOS 2012. Esta taxonomía considera cuatro niveles de detalle. La identificación de áreas del conocimiento alcanza el primer nivel de categorización más general. Entre paréntesis se indican, en algunos casos, las disciplinas correspondientes al segundo nivel de categorización.

Serie Estudios

<p>Características ecosistémicas producto del efecto climático generado por la Cordillera de los Andes</p>	<ul style="list-style-type: none"> · La presencia de Los Andes a lo largo de la Patagonia, juega un papel relevante en forzar la precipitación de la humedad transportada por vientos del oeste (Smith y Evans, 2007). Esto permite la existencia de uno de los lugares más lluviosos y fríos del planeta como el Archipiélago Madre de Dios a los 50°S, con características ecosistémicas únicas (e.g. bosque frío lluvioso). 	<p>Ciencias de la tierra (climatología), Biología</p>
<p>Geoformas de la región poco intervenidas</p>	<ul style="list-style-type: none"> · La Región de Magallanes ofrece un laboratorio natural que registra casi 100 millones de años de historia de la Patagonia y la Antártica (Inach, 2012). · Geoformas de la región poco intervenidas, evidencian procesos que responden a distintas eras geológicas. Entre ellas la geomorfología glaciár, sedimentos, bloques erráticos, turberas, bosques, que permiten reconstruir el clima y ambiente pasado. · Presencia de la placa tectónica de Scotia, una de las más activas del planeta, que destruyó el puente insular entre América del Sur y la Antártica, deformó la Cordillera de los Andes y permitió la instalación de la corriente circumpolar (C112). 	<p>Ciencias de la tierra (geología, climatología)</p>
<p>Aguas con alta carga de nutrientes que generan gran productividad marina</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Las aguas subantárticas tienen la particularidad de ser muy ricas en nitrato y fosfatos (Sarmiento <i>et al.</i>, 2004, 2007). Esta alta carga de nutrientes resulta en una gran productividad marina costera que es evidente en altos niveles tróficos y pesquerías (CNO6). 	<p>Ciencias de la ingeniería (biotecnología)</p>
<p>Riqueza de la morfología de la costa</p>	<ul style="list-style-type: none"> · La RSAM posee características topográficas y oceanográficas, que hacen de sus zonas costeras las más heterogéneas y desconocidas del país. · Estructura de fiordos, islotes, islas, bahías y ensenadas particularmente atractiva para el estudio de la estructura de las poblaciones de diferentes especies y particularmente de la estructura espacial que implica la existencia de subpoblaciones (C104). · La mayor área de plataforma continental de Chile se encuentra en el área de fiordos subantárticos, con más de 20.000 km² entre los 55,5 y 56,5°S ampliamente superior a Chile central (e.g. 1000 km² entre los 29,5 y 30,5°S). · Un ejemplo es el Parque Marino Francisco Coloane, la primera Área Marina Costera Protegida de Chile, cuya condición geográfica, climática y oceanográfica con la influencia del agua subantártica del Océano Pacífico y el Atlántico crea una condición única para una flora y fauna marina y costera especial (MinRel, 2011). 	<p>Ciencias de la tierra (geografía física), biología</p>
<p>Gran extensión de hielos continentales y de sistemas glaciares del hemisferio sur</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Los hielos continentales (Campos de Hielo Patagónico Norte y Sur) y sistemas glaciares (Cordillera de Darwin y archipiélagos aledaños) representan la mayores masas de hielos fuera de la Antártica en el Hemisferio Sur (17.200 km² y 2.300 km² respectivamente). · Estos hielos representan vastas reservas de agua dulce y son depósitos de registros únicos de eventos climáticos pasados en latitudes altas del hemisferio sur (Mansilla <i>et al.</i>, 2012) · Los glaciares de la Patagonia poseen unas de las mayores tasas de recambio del planeta así como las más altas tasas de levantamiento isostático (CNO6) y son más sensibles a cambios térmicos globales que sus contrapartes latitudinales en Alaska (Rignot <i>et al.</i> 2003). · Interés emergente por el estudio de hielos marinos, los cuales se encuentran muy bien reportados para la Antártica, no así para Patagonia, donde se encuentran en menor cantidad, pero de gran relevancia por su impacto en la navegación. (CL02) · La región se posiciona a nivel nacional y sudamericano con una gran cantidad de cuerpos de hielo, lo cual tiene una importancia y un interés especial para poblaciones costeras, afectadas por los cambios del nivel del mar asociado al aporte hídrico que pueden tener los glaciares (CL02). 	<p>Ciencias de la tierra (glaciología)</p>
<p>Sistemas marinos vulnerables a la acidificación del océano</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Los efectos de la disminución del pH (Lauvset y Gruber, 2014) en la química del mar serán particularmente intensos en las regiones polares (Fabry <i>et al.</i>, 2009). En el Hemisferio Sur, la Antártica y la Región Subantártica se constituyen como sitios de monitoreo y experimentación privilegiados. Particularmente para monitorear cómo la acidificación del océano afecta la biota marina. 	<p>Ciencias naturales (ciencias de la tierra, biología)</p>
<p>Registros de poblamiento humano temprano</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Tierra del Fuego representa el límite más austral de asentamientos humanos en América, permitiendo el estudio de sociedades cazadoras recolectoras, fauna extinta y en procesos de adaptación · Poblamiento humano hace más de 14 mil años, presencia de una gran diversidad de culturas canoeras y nómades, incluyen a los pueblos kaweshkar, selk'nam y a la etnia más austral del planeta, el pueblo yagán. · Estrecho de Magallanes y Cabo de Hornos como paso histórico de los primeros exploradores. Presencia colonizadora occidental reciente. 	<p>Humanidades (historia, arqueología, antropología)</p>

Serie Estudios

<p>Presencia de humedales, particularmente turberas</p>	<ul style="list-style-type: none"> Las turberas en América del Sur se distribuyen principalmente en la Patagonia de Chile y Argentina, que concentran el 4% de la superficie de turberas a nivel mundial (Valdés-Barrera <i>et al.</i>, 2012). Se caracterizan por sostener una gran diversidad de organismos, muchos de ellos escasamente conocidos (musgo, hepáticas y líquenes), algunos endémicos, además de una interesante avifauna como el chorlo chileno (Domínguez, 2013). Estos humedales producen y acumulan turba (materia orgánica de origen vegetal), que los constituyen en los mayores sumideros de carbono del planeta (Valdés-Barrera <i>et al.</i>, 2012). Las turberas de Magallanes constituyen humedales de características complejas, que tienen importancia desde el punto de vista ambiental, social y económico al ser un recurso que puede ser aprovechado con fines productivos, a través de la cosecha del musgo Sphagnum que crece en ellas (Explora Magallanes, 2014). Registros palinológicos conservados en turberas y humedales permiten trazar la historia de ciclos glaciares, siendo un escenario único para el estudio del cambio climático (Villa-Martínez y Moreno, 2007). 	<p>Ciencias de la tierra (glaciología), biología (botánica)</p>
<p>Alto nivel de endemismo</p>	<ul style="list-style-type: none"> Las barreras topográficas y climáticas generadas por la cordillera de los Andes, el desierto de Atacama y la vasta extensión oceánica aíslan la bioma de los bosques templados del sudoeste de Sudamérica, que potencian fuertemente la existencia de especies endémicas (Mansilla <i>et al.</i>, 2012). Entre las plantas vasculares, cerca de un 90% de las especies leñosas son endémicas (Arroyo <i>et al.</i> 1996), y entre las briófitas los niveles de endemismo superan al 50% de las especies (Villagrán <i>et al.</i> 2005). En los fiordos también se registran altos niveles de diferenciación genética, y estos ecosistemas costeros constituyen un laboratorio natural único para el estudio de procesos evolutivos (González-Wevar <i>et al.</i> 2011). 	<p>Biología Ciencias de la ingeniería (Biotecnología)</p>
<p>Diversidad de flora y fauna</p>	<ul style="list-style-type: none"> Destacan musgos y moluscos, la existencia de microbiolitos en los lagos, y la mayor extensión de bosques submarinos de algas pardas conocidas como “kelps”, configurándose como un hábitat idóneo para diversas especies de vertebrados e invertebrados. 	<p>Biología Ciencias de la ingeniería (Biotecnología)</p>
<p>Existencia de fuertes mareas y oleajes</p>	<ul style="list-style-type: none"> A diferencia del frente continental americano, donde las mareas son menores, la costa desde Puerto Montt hasta Tierra del Fuego se caracteriza por la existencia de mareas lo suficientemente fuertes para posibilitar la generación de electricidad tanto a pequeña como gran escala. De hecho en el Estrecho de Magallanes y en el Canal de Chacao se encuentran las mayores mareas del territorio nacional. Tanto las mareas como los recursos energéticos disponibles en los ríos de este territorio no están completamente estudiados. Al mismo tiempo, los niveles de energía undimotriz en la costa del océano Pacífico son extremadamente altas en las Regiones de Aysén and Magallanes, aun cuando de difícil acceso. 	<p>Ciencias de la ingeniería (ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería ambiental)</p>

Elaboración propia en base al análisis realizado.

Las principales disciplinas científicas identificadas a partir de los atributos distintivos del laboratorio pueden ser clasificadas en cinco clústeres⁵: dos clústeres principales, y tres secundarios.

Clústeres principales:

- Geociencias. Dicho clúster incluye principalmente a los campos disciplinarios (nivel 3 según la clasificación ÖFOS) siguientes: Geología y Mineralogía, Meteorología y Climatología, Hidrología, Geografía Física y Geociencias interdisciplinarias (principalmente glaciología).
- Biología. El clúster incluye principalmente a los siguientes campos disciplinarios (nivel cuatro según la clasificación ÖFOS, pertenecientes todos a la categoría ‘biología’ de nivel tres): Biología General, Biodiversidad, Botánica, Evolución, Genética, Hidrobiología, Biología Marina, Microbiología,

⁵ En base principalmente a la importancia dada a la disciplina por la muestra de científicos entrevistados así como en base a los resultados arrojados por el análisis bibliométrico realizado.

Biología molecular, Micología, Ecología de las plantas, Biología Celular, Zoología, Investigación de Ecosistemas, Limnología. También toma en cuenta la disciplina de conservación bajo la categoría de 'otras ciencias naturales'.

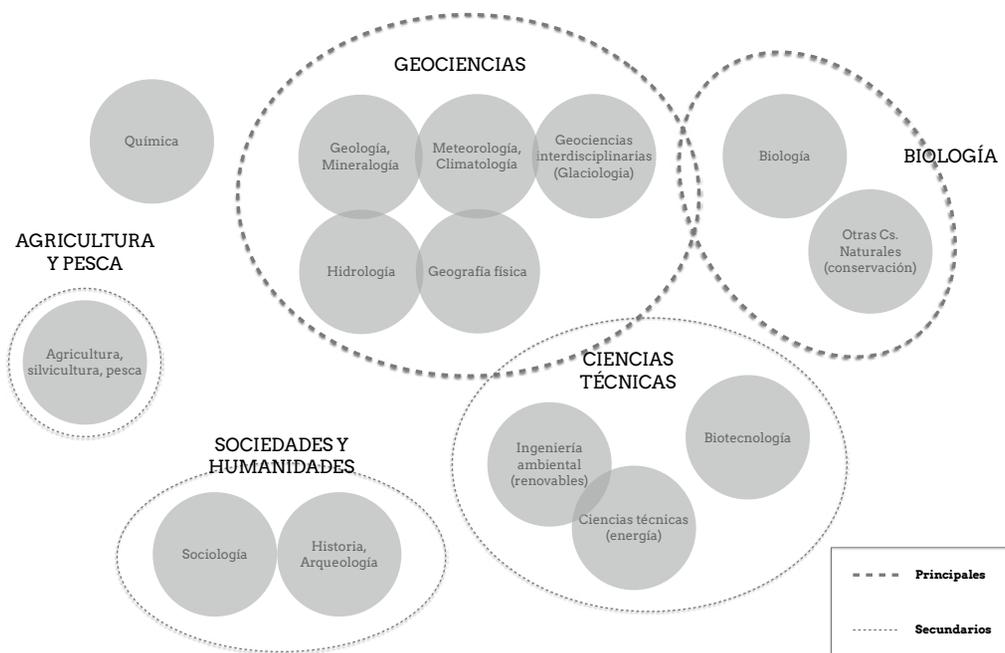
Clústeres secundarios:

- Ciencias Sociales y Humanidades: historia y arqueología, sociología.
- Ciencias Técnicas. Dicho clúster cubre los siguientes campos disciplinarios (nivel 2 y 3 de la clasificación ÖFOS respectivamente): Ingeniería ambiental y geociencias aplicadas (energía renovable particularmente), otras ciencias técnicas (energía y ingeniería de minas), biotecnología ambiental, biotecnología industrial.
- Agricultura y pesca: Dicho clúster incluye al cultivo de tierra, cultivo de plantas, frutas y verduras, agricultura sustentable, pesca.

La figura siguiente presenta los principales clústeres de disciplinas científicas, vinculadas con el laboratorio natural en la RSAM.

Figura 3

Esquema de la identificación de clústeres disciplinarios relevantes para el laboratorio natural en la RSAM



Elaboración propia en base a análisis realizado.

La evidencia muestra que desde el punto de vista de la investigación científica, el laboratorio natural en la RSAM posee características únicas para el estudio de varios fenómenos y retos de relevancia mundial. En particular la Región representa una oportunidad formidable para mejorar nuestro entendimiento de las causas y consecuencias vinculadas con fenómeno del cambio global. Aquí se entiende el cambio global como el “conjunto de cambios en los procesos fundamentales que definen el funcionamiento del planeta derivados de la actividad humana. Este se evidencia en la transformación de la superficie del planeta Tierra por las actividades humanas y sus impactos sobre los ciclos del agua, los elementos y el sistema climático, incluyendo la introducción de miles de compuestos químicos sintéticos en la biosfera” (Observatorio de Cambio Climático de Yucatán). En particular, se puede considerar el estudio de la RSAM como una oportunidad única para identificar respuestas a algunas de las preguntas siguientes:

- ¿Cuáles son las causas del cambio global y cuáles son sus efectos sobre los ecosistemas? ¿Cómo han evolucionado estas causas y efectos a través del tiempo?
- ¿Cuántas especies existen en la RSAM? ¿Qué factores determinan la biodiversidad de especies (animales y vegetales) y qué medidas se pueden tomar para protegerla?
- ¿Cuáles son los impactos del cambio global sobre los medios acuáticos (p.e. acidificación marina, nivel del mar) y en particular sobre la biota marina?
- ¿Cómo ha evolucionado la especie humana, particularmente en medios extremos?
- ¿Qué remedios bióticos existen para reducir las consecuencias del cambio global, y particular la contaminación ambiental?

3.2 VALIDACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS Y DE LAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS CLAVES DE LA REGIÓN SUBANTÁRTICA EN MAGALLANES POR PARTE DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA INTERNACIONAL

En la sección anterior se presentaron los principales atributos distintivos de la RSAM y disciplinas y temáticas científicas correspondientes, identificados en base al un análisis documental exhaustivo así como en base entrevistas realizadas a miembros de la comunidad científica nacional e internacional con vínculos con el territorio. Para validar estos resultados, se llevaron a cabo dos actividades:

- Entrevistas con destacados investigadores en posiciones directivas de entidades de investigación de los Estados Unidos y la Unión Europea, que no tienen relaciones de trabajo directas con la RSAM, para conocer su opinión sobre la relevancia de los atributos mencionados en la sección anterior y;
- Un análisis de las tendencias bibliométricas internacionales con el objetivo de confirmar el interés de la comunidad científica internacional por el medio subantártico, y en particular por las características distintivas de la RSAM.

3.2.1 Entrevistas con investigadores destacados

Dada la dimensión holística y pluridisciplinaria de la investigación sobre el cambio global, consideramos pertinente enfocar las entrevistas realizadas hacia este tema, ya que las características distintivas de la RSAM pueden ser relevantes para diversas disciplinas científicas que estudian dicho fenómeno. Además, del análisis bibliométrico realizado en el marco del estudio hemos verificado que la producción científica que se realiza en la Región Subantártica Chilena (regiones de Aysén, Magallanes y parte de Los Lagos) relacionada con el cambio global acumula una parte significativa de la producción científica realizada con cooperación internacional.

En términos generales, la información obtenida a través de las entrevistas con estos investigadores, permite señalar que Chile se distingue por sus características geográficas, las que a nivel local no se reconocen tan importantes para la investigación en materias de cambio global:

«Chile es un lugar que da acceso a las altas latitudes... un país largo, costero y montañoso, tienes oportunidades para observar una variedad de medioambientes que están cambiando, de modo que hay medioambientes únicos en Chile y estudiarlos puede ser útil para la ciencia del cambio global... los activos geográficos únicos están claramente allí.» (CR04)

«No hay una gran cantidad de tierra en el hemisferio sur, Chile es un país largo, realmente tiene una oportunidad si puede ponerse de pie y construir algunas fortalezas, planificar estaciones (geodésicas) en el hemisferio sur es realmente importante...no hay una gran cantidad de ellas (allí)... esto es mejor para todos los involucrados. Debería haber algo para Chile en esto, si (Chile) entiende que no sólo se beneficiarían ellos sino que también contribuirían con datos (para la investigación) global.» (CR04)

«Hay un sinnúmero de oportunidades. Por un lado, la similitud climática de Norteamérica y Sudamérica que hace que el clima de Sudamérica sea como un espejo del clima de Norteamérica. Son condiciones climáticas muy parecidas y condiciones bióticas muy distintas. Es decir, la flora de Sudamérica es muy distinta que la de Norteamérica por razones de evolución. Y las condiciones socioeconómicas son también muy distintas. Entonces se podrían estudiar los efectos de los factores abióticos como el clima, la temperatura, la precipitación, dentro de marcos socioeconómicos distintos, con composiciones florísticas distintas. Permiten hacer comparaciones a escala global, que no son posibles de otra manera.» (CR05)

Además, los atributos distintivos de la RSAM son compartidos con pocos territorios en el mundo:

«Lo más importante al seleccionar sitios para poder hacer estas investigaciones (sobre cambio global) es la presencia de ambientes prístinos, para comparar los efectos del cambio climático en sistemas que están siendo altamente alterados por la actividad humana y otros que no. Esa es la fortaleza de la Patagonia. Son ambientes relativamente prístinos, así como los ecosistemas del norte de Rusia.» (CR02)

«Una buena parte de nuestra investigación (biodiversidad marina) se realiza en las costas cercanas a los polos, Rusia no es accesible en términos prácticos, Escandinavia y la costa oeste de Norteamérica han sido bastante investigadas, sin embargo la Región (Subantártica en Magallanes) está definitivamente subinvestigada; allí se encuentran dos océanos, placas continentales, existen miles de islas, comienzan o terminan los Andes... es una situación única.» (CR06)

Se confirma que la RSAM constituye una unidad de observación relevante para el estudio del cambio global, particularmente porque en ella se registran fenómenos climáticos que son opuestos a las tendencias globales y son interesantes de investigar:

«En partes de la Cordillera Austral las tendencias observadas son opuestas a las tendencias globales. Estudios locales (nacionales) y regionales (continentales) son esenciales para entender esto... A nivel del mar existe una disminución de la temperatura media; esto tiene que ver con corrientes de aire específicas y corrientes marinas en la región. A gran altitud, se encuentran algunos de los pocos glaciares que crecen, el poco de calentamiento que ocurre en los Andes altos resulta en un aumento en la precipitación y eso implica que la masa de los glaciares está creciendo.» (CR05).

También, se distingue que la Región posee un rol importante no solo por los diversos atributos que ya discutidos, sino además por su rol en la evolución histórica de la actividad científica en esta materia; una tradición que debe ser resaltada en la promoción de la Región:

«... Chile ha sido el punto de partida para la gente que ha estudiando la Antártica. Los estudios sobre el ozono, el primero salió de Punta Arenas.» (CR04)

«Los países como Chile tienen un papel muy importante que cumplir, porque tienen recursos humanos muy importantes allí y están, de alguna manera, especializados en una zona del mundo de las cuales no hay un conocimiento, son zonas sub estudiadas. Son interesantes como objeto de estudio porque han sido menos estudiados.» (CR02)

Además, el valor del territorio como unidad de observación y estudio relevante para el cambio global, es reconocido en cuanto representa una oportunidad insuperable para el estudio de campo, y por tanto se estima que Chile puede tener un rol importante en este sentido:

«... en general existe un interés en partes del mundo que puedan ser centinelas, como territorios en altas latitudes y alturas que están experimentando cambios anticipados de cambio global. De hecho existe un esfuerzo internacional de financiamiento actual para montañas centinelas de cambio global y esto debería aplicar a ecosistemas en altas latitudes como es el caso de Chile. Esta es el tipo de ideas en la discusión sobre laboratorios naturales.» (CR03)

«La investigación global se está acercando a preocupaciones regionales (continentales) y nacionales. Tenemos que tener un equipo fuerte en terreno, sobre todo en el extremo sur de América.» (CR05)

La investigación científica en la RSAM puede contribuir también a estudiar el impacto de los cambios climáticos sobre sectores productivos asociados a los ecosistemas de la zona, como por ejemplo, el caso del sector pesquero:

«Hay un creciente interés en la investigación sobre el cambio global. Hay un gran interés material en el caso de las pesqueras. Uno de los proyectos que ellos financiaron es mirar en la oceanografía de los océanos australes y su potencial de secuestro (de dióxido) de carbono. Hay indicaciones que algunas de las grandes corrientes oceánicas están cambiando y esto debería tener un gran impacto en el balance de carbón global y en algunas de las distribuciones de temperatura de los océanos... todo esto requiere una gran cantidad de esfuerzos científicos, tanto in situ como de modelización.» (CR05)

Del mismo modo, se destaca que, en términos generales, la investigación científica en la RSAM puede ayudar a resolver problemas que afectan el desarrollo económico regional:

«La Región de Magallanes es científicamente muy interesante y está experimentando un buen ritmo de desarrollo y también de conflicto... Uno de los proyectos... está analizando las aguas y derechos de agua, donde hay una clara competencia entre qué flujos son garantizados para determinados usos... esto afecta la hidroenergía y la salmonicultura... de modo que la Región entera tiene un claro interés para la ciencia con una fuerte dimensión política.» (CR05)

Las entrevistas a investigadores independientes corroboran, además, el atractivo de la RSAM para el estudio de otros temas relevantes en las ciencias básicas, desde la perspectiva del estudio de su vinculación con lo antártico:

«El Servicio Antártico Británico está particularmente interesado en estudiar y analizar la separación entre el continente y la Antártica, que alguna vez fueron un solo territorio... Las especies que habitan la Región (Subantártica) son extremadamente similares a las especies que habitan la Península Antártica Occidental⁶... del mismo modo, la biología marina... también es similar, siendo la principal diferencia los niveles de temperatura... Esto provee un entorno único para entender cómo un aumento en los niveles de temperatura puede afectar diferentes organismos... un ambiente perfecto para estudiar historia paleoclimática... el impacto del cambio climático en las especies.» (CR01)

3.2.2 Análisis de tendencias bibliométricas internacionales

La evidencia producida por el análisis bibliométrico realizado en el marco de este estudio, muestra que hay un interés creciente por parte de la comunidad científica internacional por las principales características distintivas de la zona subantártica chilena como áreas de investigación, así como por algunos de los fenómenos naturales clave que ahí se pueden observar⁷. Cabe mencionar que dicho análisis no debe de ser considerado como un indicador preciso del interés de la comunidad científica internacional por la RSAM. Más bien, constituye un proxy por medio del cual se identifica una tendencia favorable con relación a la producción científica enfocada hacia los ámbitos comúnmente relacionados a la RSAM.

Para analizar el interés por parte de la comunidad científica global en la región, el equipo de investigación realizó un análisis bibliométrico⁸ con el fin de:

- Identificar la producción científica internacional relacionada a algunas de las principales características de la RSAM (ver sección 3.1)
- Entender las tendencias internacionales y como han ido cambiando a través del tiempo
- Identificar en qué medida Chile y las instituciones de la Región de Magallanes juegan un papel importante en dicha tendencia internacional en la actualidad.

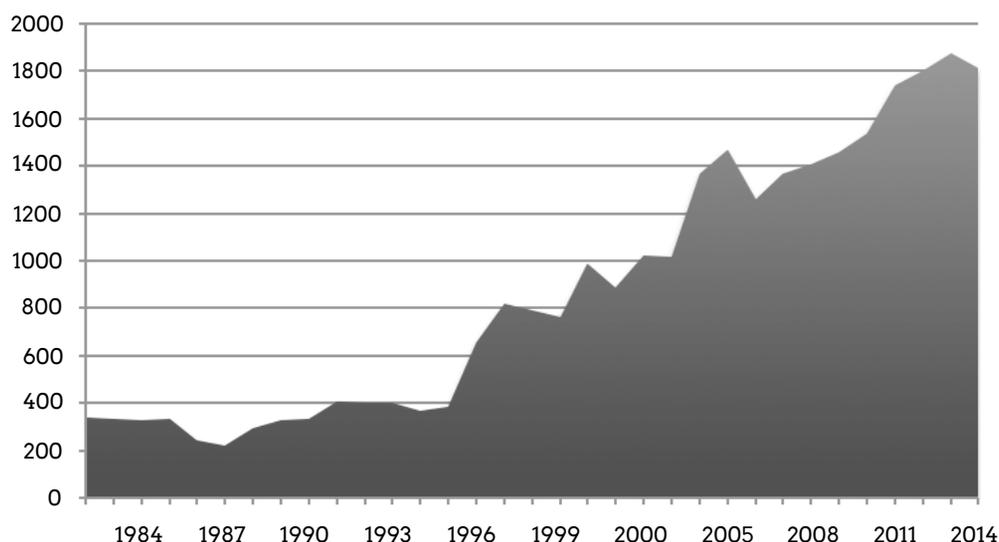
6 *La Península Antártica Occidental es una de las regiones de más rápido calentamiento de la Tierra; ha experimentado un aumento de 2 grados Celsius en la temperatura media anual y un aumento de 6 grados Celsius en la temperatura media de invierno desde 1950. El clima y los gradientes ecológicos que se extienden a lo largo de la Península y la presencia de sistemas de vigilancia, estaciones de campo y programas de investigación de largo plazo hacen que la región sea un observatorio inestimable del cambio climático y la respuesta de los ecosistemas marinos.*

7 *Los detalles de los filtros y criterios utilizados para llevar a cabo el análisis bibliométrico se encuentra en el informe 1 del estudio.*

8 *Realizar un análisis exhaustivo de la producción científica relacionada a las características de la RSAM como laboratorio natural es una tarea titánica. Por consiguiente, nuestro análisis se concentra en aquellas características generales más relevantes (ejemplo: especies) en lugar de en los objetos o especies específicas (ejemplo: pájaro carpintero). Adicionalmente, incluimos en la lista temas de investigación que son altamente relevantes a las características de la RSAM, incluyendo el cambio climático y global. Estos temas de investigación fueron recurrentemente mencionados en nuestras entrevistas con científicos nacionales e internacionales.*

La Figura 4 muestra la evolución de la producción científica relativa a las principales características de la zona subantártica chilena⁹ en términos del número de publicaciones. Encontramos que un total 28,795 publicaciones se han producido, y que existe una marcada tendencia creciente a partir de 1996. Ello es evidencia de la creciente importancia de las características de zona subantártica en el ámbito científico.

Figura 4.
Producción científica relativa a la zona subantártica: número de publicaciones (1982-2014)



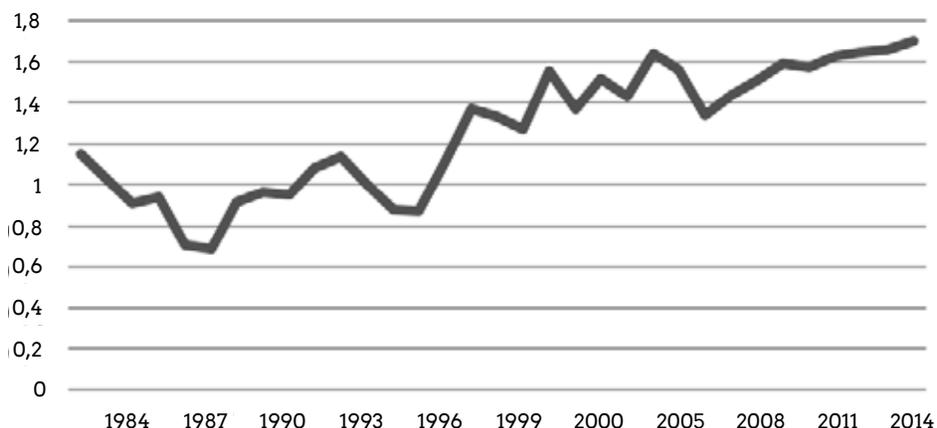
Fuente: Technopolis (2015) en base a Scopus. Total: 28,795 publicaciones

Sin embargo, dicha tendencia creciente podría simplemente reflejando el incremento en el número de publicaciones a nivel mundial. Por ello, y para poner esta tendencia en contexto, comparamos el número de publicaciones científicas relativas a la zona subantártica con el número total (mundial) de publicaciones en el período 1982-2014¹⁰. La Figura 5 muestra que el porcentaje de la producción científica relativa a la zona subantártica con respecto al número global de publicaciones (en áreas relevantes) es relativamente marginal (1.7% en 2014). Sin embargo también demuestra que dicho porcentaje se ha ido incrementando a través del tiempo.

⁹ Cabe mencionar que la búsqueda no se limitó a las publicaciones que hicieran referencia explícita a Chile. Se tomaron en cuenta todas la publicaciones que hicieran referencia al término 'antártica' y términos asociados (p.e. Patagonia), así como a uno de las características distintivas identificadas.

¹⁰ La disciplinas consideradas en el total de publicaciones mundiales son: ingeniería; física y astronomía; bioquímica, genética y biología molecular; ciencia de Materiales; química; ciencias agrícolas y biológicas; ciencias terrestres y planetarias; ciencias ambientales; ingeniería química; farmacología, toxicología y farmacia; energía; inmunología y microbiología; pluri-disciplinario; indefinido.

Figura 5
Producción científica relativa a la Antártica: como porcentaje del número total de publicaciones en áreas temáticas relevantes (1982-2014)



Fuente: Technopolis (2015) en base a Scopus.

3.3 CONCLUSIONES

A partir de la información obtenida a través de entrevistas con investigadores nacionales y extranjeros, así como de fuentes secundarias, hemos podido verificar que la RSAM posee características naturales únicas que le otorgan el potencial para convertirse en un laboratorio natural de excelencia. Junto a la situación geográfica privilegiada de esta región como puerta de entrada a la Antártica, la comunidad científica nacional e internacional reconoce una serie de particularidades que son especialmente relevantes para el estudio de fenómenos de interés para diversas áreas del conocimiento en ciencias naturales y humanidades.

Las entrevistas de validación realizadas con investigadores específicamente vinculados al estudio del cambio global, nos permitieron determinar que, sin pérdida de generalidad y particularmente en este ámbito de estudio, la RSAM presenta numerosos atributos distintivos que la constituyen en una unidad de observación relevante para la investigación científica en una serie de disciplinas científicas.

Las principales disciplinas vinculadas con las particularidades de la región se relacionan al ámbito de las geociencias y la biología. Sin embargo, el análisis de algunos de los fenómenos que se observan en la zona requiere adoptar un enfoque pluridisciplinario. De esta manera, más que favorecer el desarrollo de una o dos disciplinas claves en el territorio, se recomienda favorecer el desarrollo de una cultura colaborativa interdisciplinaria entre disciplinas emergentes y disciplinas consolidadas.

El análisis bibliométrico internacional llevado a cabo confirma el interés creciente por parte de la comunidad científica global por el estudio de la zona subantártica, así como por las características y fenómenos frecuentemente asociados ella.

4. Situación actual para la promoción de un laboratorio natural en la Región Subantártica

La emergencia de la perspectiva de los *laboratorios naturales* da pie para pensar que el desarrollo de la ciencia podría, a su vez, abrir posibilidades para el desarrollo de la Región de Magallanes y Antártica Chilena, en el amplio sentido del término. Para ello, sin embargo, es necesario contar con un marco estratégico que promueva el desarrollo del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación y suscite oportunidades para el aprovechamiento de las ventajas comparativas con las que cuenta la Región Subantártica en Magallanes en este ámbito.

4.1 CONTEXTO ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO DE LA REGIÓN SUBANTÁRTICA COMO LABORATORIO NATURAL

Actualmente existen estrategias formuladas a nivel nacional y regional que promueven, de un modo u otro, el desarrollo de las capacidades científicas en Chile, y particularmente en la Región de Magallanes y Antártica Chilena. A nivel nacional, se encuentran las orientaciones estratégicas del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, mientras que a nivel regional, se dispone de la Estrategia Regional de Desarrollo y la Política de Ciencia, Tecnología e Innovación, a falta de una Estrategia Regional de Innovación.

A **nivel nacional**, las **orientaciones estratégicas** realizadas en 2013 por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad en el documento *Surfando hacia el futuro. Chile en el horizonte 2025*, plantean tres espacios de preocupación, a saber en el ámbito de la energía, la nueva biología y la educación. Particularmente, en el ámbito de la nueva biología, se recomienda aprovechar las ventajas comparativas que ofrecen los espacios naturales y particularidades del territorio nacional, como laboratorios naturales para atraer capital humano avanzado y tecnologías que posibilitarán sinergias y avances en aquellas áreas donde tengamos ventajas evidentes. En cierto sentido, dichas recomendaciones han comenzado a hacer eco en las propuestas incluidas en el recientemente formulado **Plan de Zonas Extremas** para la Región de Magallanes, iniciativa presidencial destinada a promover el desarrollo íntegro de la Región. Dentro de las propuestas de la Región, se ha proyectado convertir a Magallanes en una región científica a nivel mundial, aprovechando su condición de *laboratorio natural*, para lo cual se ha considerado la ejecución de 3 proyectos: i) Centro Docente Asistencial UMAG Biomedicina, ii) Diseño y Construcción de Centro Científico y Museográfico Antártico y iii) Comisión Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación. En otros ámbitos de acción relevantes, destaca por ejemplo la posibilidad de mejoramiento de los sistemas de protección del puerto de Punta Arenas para el resguardo de los barcos científicos, comerciales y de la Armada.

A nivel regional, la **Estrategia Regional de Desarrollo** de la Región de Magallanes y Antártica Chilena 2012-2020, comprende la situación geográfica de la Región como una barrera que a la vez se ha transformado en una oportunidad relevante para el posicionamiento competitivo general de los distintos sectores de la economía regional. Por una parte, constituye una limitante pues su lejanía de los proveedores de bienes y servicios especializados, así como de los mercados de destino final de los bienes y servicios producidos, implican enfrentarse a brechas tecnológicas y a elevados costos de transporte. Por otra parte, esta condición geográfica constituye una oportunidad desde la

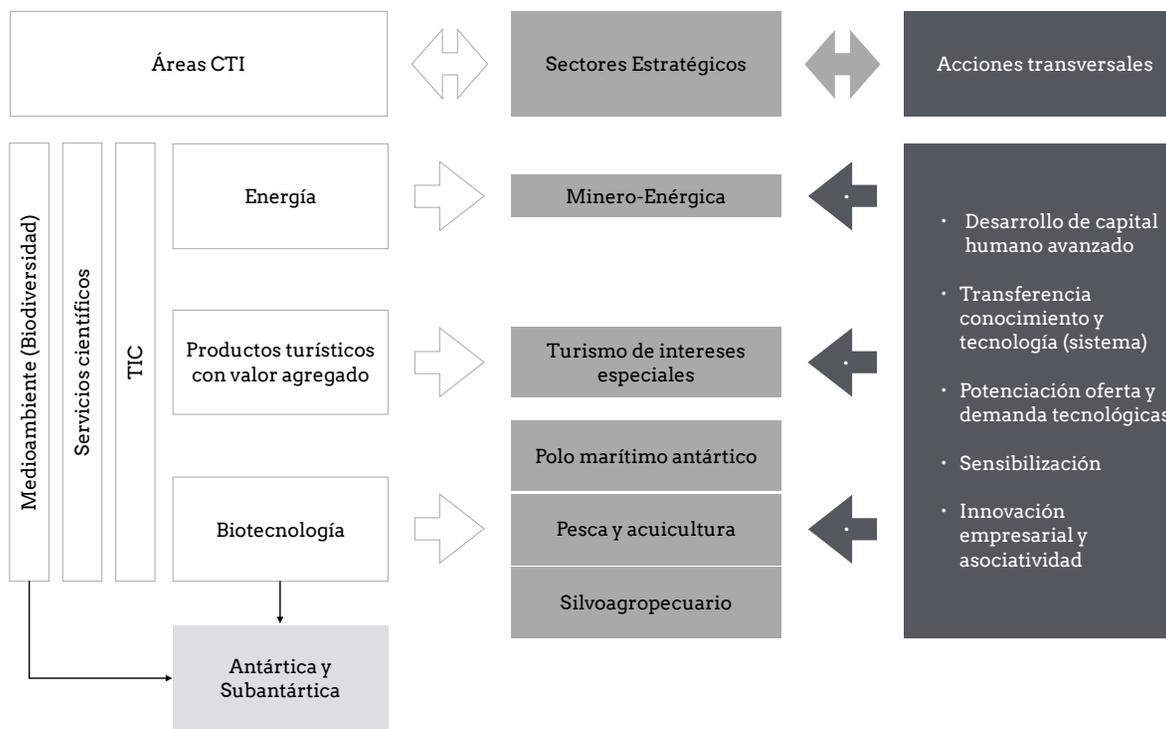
perspectiva de la diferenciación. Es aquí donde se encuentran las verdaderas ventajas comparativas de la Región, las cuales a través de políticas pertinentes pueden imprimir dinamismo a la economía regional, generando tasas de crecimiento convergentes con los objetivos de desarrollo.

Entre los seis componentes de la Estrategia Regional de Desarrollo se distinguen los relativos a i) Ciencia, Tecnología e Innovación ii) Competitividad y Desarrollo Productivo, y iii) Desarrollo Territorial Integrado, que incorporan objetivos vinculados al aprovechamiento de las ventajas naturales de la Región de Magallanes y Antártica Chilena, como el entorno natural y biodiversidad (que constituirían el principal potencial para la capacidad científica, tecnológica, energética e innovadora de la Región) y los sectores económicos estratégicos a nivel regional (que en su mayoría explotan recursos naturales). Otros ámbitos relevantes de la Estrategia Regional de Desarrollo tienen relación con *Leyes e incentivos especiales*, que contempla la visión estratégica de largo plazo de las leyes e incentivos para el desarrollo de la Región, y la producción ambiental sustentable de las actividades productivas impulsadas por las leyes especiales. Además, en materias de Medio ambiente y sustentabilidad, el lineamiento de la Estrategia Regional de Desarrollo se orienta a la incorporación transversal de medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente.

Por su parte, la **Política Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) 2010-2020** de la Región de Magallanes y Antártica Chilena, pretende situar a la Región en el contexto de un nuevo panorama nacional y mundial caracterizado por el proceso de globalización económica y la consiguiente necesidad creciente de aprovechar las ventajas comparativas que se generan a nivel regional. La Figura 6 esquematiza las áreas de actuación de CTI, acciones transversales y vinculación con los sectores estratégicos.

Bajo este marco, se definen como lineamientos estratégicos i) el capital humano avanzado como eje fundamental de la Política Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación, ii) la interrelación de la CTI, iii) la maximización del potencial científico y económico de las áreas CTI desde la sostenibilidad y la conservación de la biodiversidad, y iv) el desarrollo de una institucionalidad pública regional como catalizador de la Ciencia, Tecnología e Innovación en la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

Figura 6
Áreas de actuación de CTI, acciones transversales y vinculación con los sectores estratégicos considerados en la política de CTI de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena



Fuente: Infyde (2010)

Las áreas CTI se dividen en *específicas y transversales*, estas últimas en el sentido de su vinculación e incidencia en el desarrollo de las áreas específicas. Las áreas específicas son: energía, productos turísticos con valor añadido y biotecnología. En tanto, las áreas transversales son: medio ambiente (incluye biodiversidad), servicios científicos y tecnologías de la información y la comunicación. La Política Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación define áreas potenciales, identificadas a partir de los sectores estratégicos para la región y de las disciplinas científicas con mayor potencial desarrolladas en ella, a saber, los sectores mineroenergético, turismo de intereses especiales, marítimantártico, pesca y acuicultura, y silvoagropecuario. Además se definen *acciones transversales*, que responden a problemáticas comunes a todas las áreas Ciencia, Tecnología e Innovación y constituyen además el soporte sobre el que se desarrollarán el conjunto de áreas.

Del análisis de estos marcos estratégicos podemos señalar que la promoción de la Región Subantártica como laboratorio natural no cuenta actualmente con un marco estratégico suficientemente específico para facilitar la creación de condiciones que permitan aprovechar las ventajas derivadas de sus condiciones naturales y potenciar aquellos ámbitos que se orienten al desarrollo y fortalecimiento de capacidades para el desarrollo de la ciencia de la Región Subantártica. Tanto la Estrategia Regional de Desarrollo como la Política Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Región de Magallanes y Antártica Chilena consideran explícitamente lo subantártico en sus

componentes estratégicas. No obstante, la identificación de áreas específicas y transversales coincide con la lógica de promover el desarrollo de las capacidades científicas y tecnológicas al servicio de los sectores productivos relevantes para la economía regional, con lo cual, se desacopla un tanto de la perspectiva del desarrollo de los laboratorios naturales.

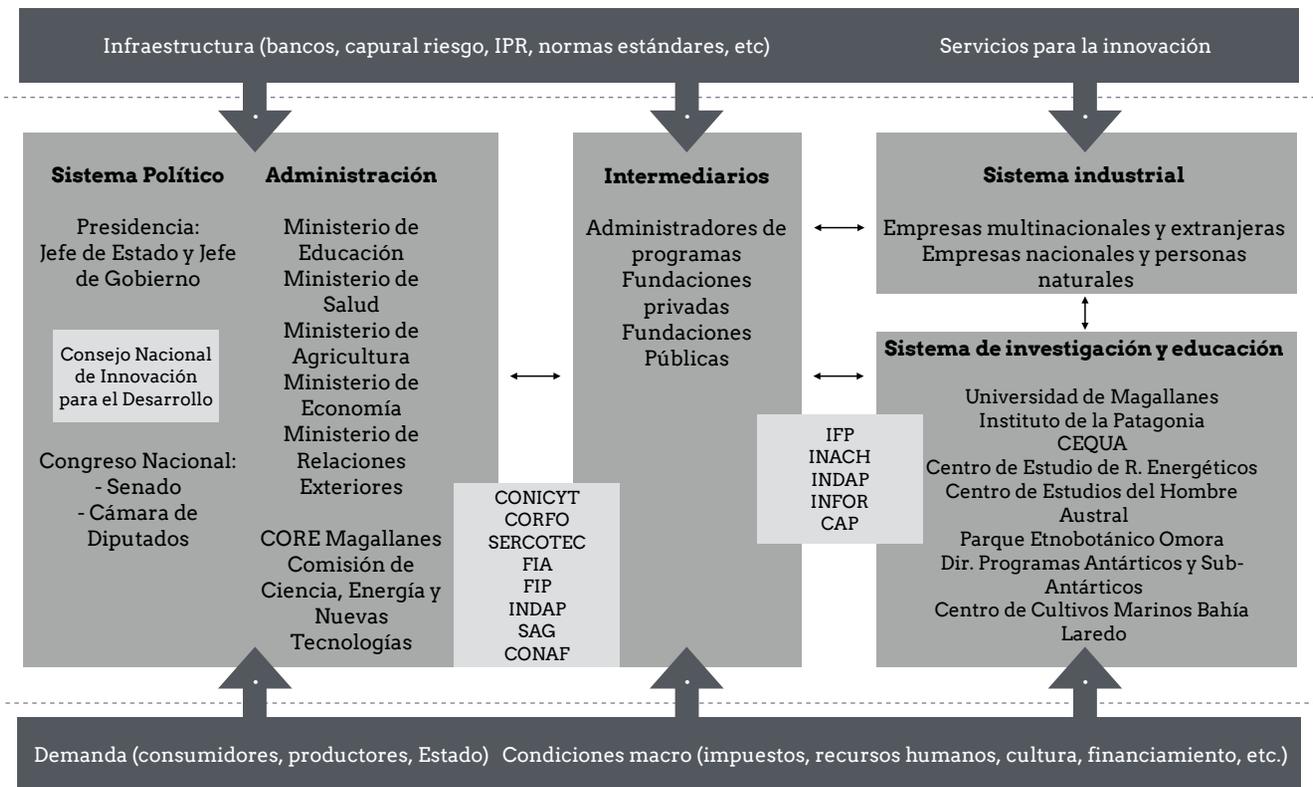
Esta deficiencia estratégica se manifiesta finalmente en la falta de programas e instrumentos regionales dedicados a fomentar la actividad científica y en una incapacidad de la Región de Magallanes y Antártica Chilena de contrarrestar los efectos de la centralización del sistema de investigación chileno. Teniendo en cuenta que la mayoría de los programas de apoyo a la ciencia no consideran una dimensión territorial, sólo las regiones que disponen de más y mejores equipos de investigadores reciben más fondos. Por ende, la falta de masa crítica en la Región de Magallanes afecta directamente su capacidad de competir en concursos de financiamiento de investigación científica a nivel nacional.

Además, la investigación científica en la Región, presenta costos considerablemente mayores dadas las condiciones en las que se lleva a cabo (situación aislada de la región, condiciones extremas) y la falta de recursos humanos disponibles a nivel local. Esto implica que los proyectos de investigación científica regionales son menos competitivos, comparados con proyectos llevados a cabo en otras regiones del país.

4.2 EL SISTEMA REGIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

En el Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Región de Magallanes se distinguen el sistema político y administrativo, los intermediarios, el sistema de investigación y educación, y el sistema industrial, tal como mostramos en la Figura 7 junto a los respectivos actores principales. Todas estas entidades se desenvuelven en un entorno general que puede facilitar o limitar el desarrollo de la actividad científica, tecnológica y de innovación conformado por servicios e infraestructura para la innovación (la existencia de financiamiento para la innovación, protección de derechos de propiedad intelectual, etc.), la demanda por innovación así como el marco tributario, legal, cultural, laboral, entre otros, propios del país y de la Región.

Figura 7
Esquema del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Región de Magallanes y Antártica Chilena



Fuente: Elaboración propia en base a CameronPartners (2007)

En términos generales, el marco institucional en que se desarrollan las actividades de ciencia, tecnología e innovación está determinado por el **Sistema político** del país. La **Administración** del Poder Ejecutivo se realiza a través de los Ministerios, que en conjunto con los Gobiernos Regionales, administran recursos centrales hacia las regiones. El Gobierno Regional faculta al Consejo Regional (CORE) para analizar y aprobar los temas claves de inversión para la Región.

Como **Intermediarios** participan entidades públicas específicas, dependientes de los Ministerios, que actúan como órganos de investigación, ejecutores de proyectos y promotores de la investigación, a partir de la provisión de bienes de capital y recursos monetarios a privados. Así también, dentro de los intermediarios, se reconocen administradores privados de programas gubernamentales, fundaciones privadas y públicas. Las principales instituciones, de carácter nacional, de promoción y fomento de Ciencia, Tecnología e Innovación que apoyan el desarrollo regional se muestran en la Figura 7.

El **Sistema industrial** por su parte, está compuesto por empresas nacionales y extranjeras que conforman el tejido empresarial en la Región. Es claro que este sistema es uno de los puntos más débiles del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Región de Magallanes. La Región carece tanto de empresas con actividades significativas de investigación científica y/o desarrollo tecnológico como de empresas con una demanda significativa por servicios de este tipo.

4.2.1 Actividades de investigación

Las actividades de investigación en la Región son realizadas principalmente por las entidades que conforman el **Sistema de investigación y educación** y sus respectivos centros e institutos de investigación, así como por entidades de carácter extrauniversitario con actividades de investigación científica y/o desarrollo tecnológico.

En la Región de Magallanes existen actualmente 3 universidades, 3 institutos profesionales y 2 centros de formación técnica (CNED, 2014). De las universidades existentes destaca la Universidad de Magallanes, que cuenta con vocación, capacidades y recursos para realizar investigación científica. El detalle de los centros e iniciativas de investigación de la Universidad de Magallanes se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 2
Entidades de investigación universitarias en la Región

ENTIDAD	OBJETIVOS Y/O CARACTERÍSTICAS	PRINCIPALES LÍNEAS
Instituto de la Patagonia	Investigación en ciencias humanas y naturales en lo que se refiere al acontecer humano en el tiempo y a las características de los ecosistemas naturales.	· Ecosistemas naturales
Centro de Estudio de los Recursos Energéticos	Desarrollo de soluciones en el campo de la planificación energética y el uso de los recursos naturales productivos, en armonía con el ambiente.	· Energías renovables no convencionales · Eficiencia energética
Centro de Estudios del Hombre Austral	Profundizar y ampliar el conocimiento sobre la vida humana, en el tiempo, en la parte austral de América.	· Antropología física y social · Demografía y patrimonio histórico
Dirección de Programas Antárticos y subantárticos	Consolidar a la Universidad de Magallanes como un articulador importante de las investigaciones Antárticas y Subantárticas	· Radioglaciología y Teledetección · Eco-Química · Paleoclima
Centro de Cultivos Marinos Bahía Laredo	Alberga al Centro de Biodiversidad Marina y Acuario Marino, además de las instalaciones experimentales PARA el cultivo de halibut, caracol trofón, ostión austral y puyes.	· Especies marinas con potencial para la acuicultura
Parque Etnobotánico Omora, Puerto Williams	Centro investigación, educación y conservación de las especies de la zona austral chilena. Depende del Instituto de Ecología y Biodiversidad, la Fundación Omora y la Universidad de Magallanes y forma parte de la Red de Estudios Socio-Ecológicos a largo plazo.	· Biodiversidad
Laboratorio de Investigación en Ciencias Atmosféricas	Monitoreo y toma datos de ozono y radiación ultravioleta en Punta Arenas y Puerto Natales.	· Estudios de la atmósfera
Centro de excelencia en biomedicina	Identificación de principios activos, en recursos naturales antárticos y subantárticos, en busca de potenciales efectos en los procesos de envejecimiento.	· Medicina y plaguicidas naturales

Fuente: Universidad de Magallanes (2014)

Junto a los centros ligados a la Universidad de Magallanes, existen además, entidades extrauniversitarias con actividades de investigación científica y/o desarrollo tecnológico, que corresponden principalmente a institutos del sector público tales como: i) el Instituto de Fomento Pesquero, ii) el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y iii) el Instituto Antártico Chileno. Adicionalmente, la Región cuenta con dos Centros Regionales: uno creado en el marco del Programa Regional de Conicyt (Instituto de Estudios del Cuaternario de Fuego, Patagonia y Antártica-CEQUA) y el otro con financiamiento de InnovaChile de CORFO (Centro de Agroforestería Patagónico). El detalle de dichos centros e iniciativas de investigación se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 3
Entidades de investigación extrauniversitarias localizadas en la Región

ENTIDAD	OBJETIVOS Y/O CARACTERÍSTICAS	PRINCIPALES LÍNEAS
Instituto de Fomento Pesquero	Proveer de información de interés público al Estado de Chile para la toma de decisiones con el propósito de lograr el uso sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas, como también, de la conservación del medio ambiente marino.	<ul style="list-style-type: none"> · Evaluación de pesquerías y recursos pesqueros · Salud hidrobiológica · Repoblación, cultivo y medio ambiente acuícola
Instituto Antártico Chileno	Coordina, orienta, planifica y ejecuta actividades de carácter científico y tecnológico que Chile ejecuta en la Antártica. Responsable de cumplir con la Política Antártica Nacional. Sigue cánones internacionales, participa en el Sistema del Tratado Antártico y Foros Internacionales. Realiza acciones y actividades de divulgación, valoración del conocimiento antártico en la comunidad nacional.	<ul style="list-style-type: none"> · Estado, resiliencia y adaptación del ecosistema antártico · Ciencias de la tierra y astronómicas · Medioambiente antártico · Microbiología, biología molecular y biotecnología antártica
Instituto de Investigaciones Agropecuarias	Enfoca su labor a la investigación adaptativa y demostrativa, así como a la transferencia de tecnologías, con especial énfasis en la ganadería ovina. Busca convertirse en el centro de desarrollo de sistemas de producción ovina más importante de la Patagonia.	<ul style="list-style-type: none"> · Transferencia de procesos productivos y tecnología para la ganadería ovina de la Región
Centro de Estudios del Cuaternario de Fuego-Patagonia y Antártica	Programa Regional de Investigación Científica y Tecnológica - Fundación de derecho privado sin fines de lucro, cuya principal actividad es la investigación científica y tecnológica en la Región de Magallanes. Participan UMAG, GORE, IFOP, INACH	<ul style="list-style-type: none"> · Ecología de ecosistemas marinos · Paleoeología y glaciología
Centro de Agroforestería Patagónico	Centro regional financiado con recursos de InnovaChile, a cargo del INFOR	<ul style="list-style-type: none"> · Transferencia tecnológica · Proyectos productivos y de restauración agroforestal · Vivero tecnificado y producción de Plantas · Negocios agroforestales

Fuente: Elaboración propia en base a los sitios Web respectivos.

4.2.2 Recursos humanos para la investigación en la Región de Magallanes

Si bien la Región de Magallanes cuenta con diversas entidades que poseen recursos humanos dedicados a la investigación científica, es la Universidad de Magallanes la que presenta la mayor actividad en este ámbito y, por consiguiente, es un referente para el análisis de los recursos humanos para esta actividad en la Región.

De acuerdo a los datos de Conicyt para el 2010, la Región de Magallanes y Antártica Chilena cuenta con un total de 251 Jornadas Completas Equivalentes (JCE) de académicos, todos ellos pertenecientes a la Universidad de Magallanes, lo cual representa el 1,9% del total de académicos en todo el país¹¹. Esta cifra se distribuye en 24 JCE de académicos

¹¹ Las cifras presentadas solamente toman en cuenta la Universidad de Magallanes, única universidad con sede en la región integrante del Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas (CRUCH).

con grado de doctor, 46 JCE de académicos con grado de magíster y 165 JCE de académicos sin postgrado. Así, el número de académicos con grado de doctor equivale al 10% del número total de académicos de la institución. De este modo, la Región se sitúa entre aquellas que tienen la más baja proporción de académicos con grado de doctor en sus universidades a nivel nacional. En cuanto a la presencia de académicos con grado de doctor en relación a la población regional, la Región de Magallanes y Antártica Chilena registra 0,16 académicos con doctorado por cada mil habitantes (Conicyt, 2010), lo que la ubica en un nivel intermedio entre todas las regiones del país.

La baja proporción de académicos e investigadores con postgrado instalados en la Región limita su capacidad y potencial científico. Dicho fenómeno está ligado principalmente a la situación geográfica aislada de la Región y al bajo nivel de atractivo de la Región como destino para llevar a cabo actividad científica de largo plazo¹².

«El estado de la investigación regional es bajo...Históricamente esto pasa por el poco atractivo... por eso es difícil atraer científicos buenos a la Región. Se contratan científicos jóvenes con reciente doctorado, hay universidades que incluso contratan sólo con el grado de magister...No hay una presión por tener una planta de doctorado en las universidades regionales, hay personas que tienen el nivel de profesor y esas personas no hacen investigación...». (CN06)

Las condiciones particulares de la Región de Magallanes y Antártica Chilena (geográficas, calidad de vida, grado de atractivo del sistema de investigación científica) ejercen presión sobre los costos de los recursos humanos científicos, como expresa un entrevistado de la comunidad científica nacional:

«Cuesta mucho atraer buenos científicos a esta parte remota del país. Costaría bastante más dinero contratar un buen científico aquí en Aysén o Magallanes que contratar un buen científico en Santiago. También el propio desarrollo de la ciencia acá es mucho más caro». (CN06)

4.2.3 La producción científica regional en general

Del análisis de los indicadores de la actividad científica en las regiones de Chile en los períodos 2003-2007 y 2008-2012 (Conicyt, 2014), se puede ver que históricamente la producción de publicaciones científicas en la Región de Magallanes ha sido baja, comparada con la situación promedio nacional. Sin embargo, la Región muestra un crecimiento más dinámico que el del país, pasando del 0,76% del total de publicaciones del país en 2003-2007 a un 0,85% en 2008-2012. Pese a ello, la Región sólo supera a las regiones de Tarapacá, Atacama, O'Higgins y de Aysén (Conicyt, 2014).

El análisis de los otros indicadores presentados en el estudio mencionado indican que, por ejemplo en cuanto a artículos publicados en las mejores revistas del mundo, el nivel de citación de estas publicaciones, nivel de patentes, en ambos períodos la Región de Magallanes no sólo está por debajo de la media de Chile sino que además ésta muestra un retroceso. Sin embargo, la Región de Magallanes se encuentra en una posición privilegiada en cuanto al impacto de las publicaciones científicas generadas con respecto a la mayoría de las regiones del país, obteniendo en ambos períodos una calificación superior a la media de Chile.

¹² El atractivo de la región en este contexto no se refiere a las características naturales y ambientales que posee, sino a las condiciones de vida para realizar actividad científica en ella.

4.3 NECESIDADES DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA PARA EL DESARROLLO DE LA REGIÓN SUBANTÁRTICA COMO LABORATORIO NATURAL

A pesar de contar con la presencia de los centros de investigación mencionados, el Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Región de Magallanes y Antártica Chilena padece de diversas limitaciones. Aun cuando las necesidades específicas generadas por la actividad científica en la Región Subantártica en Magallanes son extremadamente diversas, producto de la heterogeneidad de la comunidad científica, los tipos de expediciones que visitan la Región y la naturaleza de los proyectos de investigación realizados en ésta. Este hecho ilustra el gran desafío que representa diseñar una estrategia de intervención y apoyo público para satisfacer dichas necesidades y promover la actividad científica en la Región Subantártica en Magallanes.

A pesar de ello existen algunos rasgos comunes identificados en relación con la necesidad generada por la actividad científica en la Región Subantártica en Magallanes. En las secciones siguientes presentamos cuatro categorías de necesidades que han sido identificadas para la realización de actividades científicas en la Región Subantártica en Magallanes: i) infraestructura científica y logística, ii) servicios científicos y logísticos, iii) conocimiento y recursos humanos y iv) condiciones de trabajo.

4.3.1 Infraestructura científica y logística

En cuanto a la infraestructura científica la Región cuenta con una serie de laboratorios húmedos, sin embargo el foco de esta infraestructura científica es más bien la investigación antártica. Por ello, la **infraestructura científica relacionada con lo subantártico es considerada limitada** tanto por la comunidad científica nacional como extranjera. Ambas coinciden en que **el caso ideal para el trabajo en terreno en la Región sería contar con una red de bases de trabajo** de uso común donde poder llegar a trabajar, que cuenten con laboratorios (húmedos y secos), estaciones de trabajo, con agua potable, electricidad e internet de alta velocidad, así como personal técnico (IN02, CL09), donde se puedan llevar a cabo, al menos, actividades básicas de investigación, y en lo posible contar con espacios de trabajo para acoger a estudiantes e investigadores, salas de reuniones, etc (IN04, CN05). **Junto a esto también se mencionan estaciones de medición permanente.**

Lo anterior reduciría el tiempo y costos de transporte de muestras y equipamiento (CN05), dado que actualmente, en el caso de los investigadores residentes en la Región, en muchas ocasiones las muestras deben ser enviadas a universidades dentro y fuera del país para ser analizadas (CL03). En el caso de los científicos extranjeros entrevistados que han realizado o realizan trabajo de campo en la Región, la mayoría de ellos requiere trasladar equipos de medición hacia los sitios de estudio, sea éste para realizar la toma de muestras y, en algunos casos, para hacer mediciones directamente en terreno. En algunos casos, cuando los costes de envío de las muestras son muy altos, los investigadores envían a la Región de Magallanes instrumentos transportables, como por ejemplo para medir el CO₂ en el agua (CI02), que operan en los hostales donde alojan. De este modo, la falta de equipamiento en la Región Subantártica en Magallanes hace que luego de recoger las muestras los investigadores que realizan trabajo de campo no tengan más razones para permanecer en la Región. Si el equipamiento, los insumos básicos y acceso a literatura científica estuviesen disponibles en estos centros, los científicos podrían realizar su trabajo allí (CI09) y catalizar la transferencia de conocimiento (CL03, CL10, CL07).

Del mismo modo, la Región Subantártica en Magallanes dispone de una alta disponibilidad de de infraestructura logística para la investigación antártica. Sin embargo, **no hemos identificado infraestructura logística que permita, específicamente, apoyar la investigación subantártica** en la Región. Los investigadores entrevistados coinciden en que la Región de Magallanes tiene una falencia importante en cuanto a transporte terrestre y aéreo, pero especialmente marino, para acceder en forma expedita a los lugares donde se recolectan las muestras o se realizan estudio de campo (EX02). Las condiciones climáticas y geográficas inciden en que este acceso sea más difícil (CI04). De acuerdo a un entrevistado:

«Sería ideal que al mismo tiempo que se realiza el proyecto del Centro Subantártico en Puerto Williams, se pensara en disponer capacidad náutica con mayor regularidad y capacidad, para facilitar el acceso y reducir los costos para poder trabajar en esa Región.» (EX02)

Las limitaciones en las embarcaciones para la investigación tanto en la Región de Magallanes como en la Antártica no se refieren solamente a la disponibilidad para el transporte, sino que también respecto al equipamiento que éstas deben tener para poder realizar la recolección y el análisis de muestras, así como acomodaciones de las que deben disponer para poder realizar el trabajo (CN02). Se menciona que las embarcaciones existentes no son las adecuadas para las condiciones geográficas y ambientales de la zona (CN03) y que debido a los costes de los instrumentos, no se considera recomendable llevar equipos propios en cualquier embarcación (CN05). Con todo, es necesario contar con plataformas de investigación (barcos oceanográficos) que estén permanentemente en la Región y permitan la formación y el desarrollo de la comunidad científica (CI04, CL06), tanto para la investigación en la Región en Magallanes como en la Antártica. A modo de ejemplo se cita la embarcación Cai Cai de la Universidad de Concepción, que pese a su tamaño relativamente pequeño le permite a la Universidad realizar docencia, formar a biólogos marinos en el mar, transportar investigadores y equipamiento (CL06). En la misma línea, de acuerdo con un investigador británico y director de un programa nacional de investigación ambiental,

«Si el gobierno chileno quiere desarrollar su capacidad científica en la Región tienen que tener un interés por invertir en sus capacidades de investigación en aguas profundas. No existe necesidad de contar con un rompe hielos, se requiere una embarcación más simple habilitada para navegar en zonas con hielo simplemente. La pregunta principal a la cual están confrontados por el momento es ¿construyen su propia embarcación o la compran?» (CR01)

Para reducir los costes de transporte, investigadores nacionales y extranjeros que trabajan en las costas de la Región en Magallanes mencionan que ellos solicitan apoyo a operadores de empresas pesqueras o salmoneras que cuentan con embarcaciones propias. Otras veces utilizan embarcaciones con fines turísticos. Sin embargo, esta ayuda representa para ellos una situación de dependencia no deseada, ya que la investigación queda supeditada a la disponibilidad de transporte y no el transporte a las demandas de la investigación.

Junto a lo anterior, también son necesarios vehículos marítimos menores (por ejemplo botes Zodiac motorizados con huinche) para poder trasladarse en distancias cortas, lo que debe ser complementado con vehículos motorizados terrestres para movilización interna (en caminos de ripio, nevados o escarchados) y para transporte de los vehículos marítimos menores en tierra (IN02, CL06, CL05, CN05, CL07).

4.3.2 Servicios científicos y logísticos

Dentro de los **servicios científicos requeridos se cuentan: organización de expediciones, entrenamiento para trabajar en la zona y medición en terreno**. Ninguno de estos servicios son ofrecidos actualmente en la Región, al menos en forma comercial. Aun cuando estos servicios no son absolutamente críticos para las expediciones extranjeras, son altamente deseados ya que hacen el trabajo en terreno más eficiente para los investigadores extranjeros.

En el caso particular de investigadores no residentes en la Región, se requiere contar con **socios locales de confianza para organizar las actividades de campo**. El caso de una expedición por parte de investigadores de la Universidad de Wisconsin ilustra la importancia que tiene para los investigadores extranjeros contar con un punto de contacto local que ayude con los trámites legales y administrativos requeridos (por ejemplo visados), a organizar las actividades, presentar a los actores locales, y resolver cualquier problema que pueda surgir en el marco de la expedición. En este sentido, las colaboraciones que se establecen con entidades de investigación locales han facilitado la realización de este tipo de actividades con satisfactorios resultados, pese a que la capacidad de gestión de dichas entidades resulta en muchas ocasiones limitada por los recursos internos que posean y la disponibilidad de una oferta adecuada de servicios. Pese a ello, la oferta limitada de servicios científicos dentro del territorio no parece inhibir el interés de investigadores extranjeros por la Región, pero sin duda, la existencia de más facilidades estimularía una mayor afluencia.

Contar con la posibilidad de **llevar a cabo entrenamiento** por parte de la comunidad científica local para trabajar en la zona también es apreciado, como en el caso de los entrenamientos realizados por personal del INACH para las expediciones antárticas. Esto es particularmente importante para científicos que llevarán a cabo investigación en condiciones extremas.

En cuanto a los servicios logísticos, el transporte de personas hacia y desde la Región así como servicios de hospedaje y alimentación, la percepción general de los entrevistados extranjeros no reportó insatisfacción con la oferta local existente de servicios, sin embargo, es importante considerar que los presupuestos de investigadores extranjeros son más elevados que lo de investigadores nacionales. No obstante, **se identifican brechas en servicios más especializados, servicios de traslado de carga, incluyendo bodegaje y aduanas**, particularmente para las expediciones que no están destinadas a trabajar en la Antártica

En este contexto algunos investigadores mencionan que si bien en la Región de Magallanes existen proveedores de servicios generales, **se desconocen proveedores de servicios de medición en terreno**, como apoyo a la instalación de equipos en terreno, toma y análisis de muestras, lo cual es esencial si se requieren muestras y datos en forma periódica, por ejemplo diaria durante algunos meses (CIO2). Algunos investigadores mencionan colaboraciones con entidades locales (INACH, Universidad Austral, Universidad en Magallanes) sin embargo, ninguna de ellas posee recursos contratables para estos servicios.

La mayoría de los científicos entrevistados que han realizado o realizan trabajo de campo como parte de expediciones en la Región Subantártica en Magallanes debe trasladar equipamiento hacia ésta, especialmente aquellos que no colaboran con grupos de investigación nacionales. Dentro del equipamiento transportado no sólo se encuentran

instrumentos científicos sino que también equipamiento de uso más general, por ejemplo equipos de buceo (EX05). El transporte de equipamiento implica no sólo costes directos resultantes del traslado hacia y desde Chile, sino que también costes indirectos, por ejemplo relacionados con las autorizaciones necesarias para trasladar sus equipamientos hacia Chile y así como con el aduanaje y desaduanaje de los equipos en Chile (CI02). Los grupos de investigación de mayor tamaño utilizan servicios generales de agentes de carga (en Punta Arenas, por ejemplo la empresa Agunsa). Estos agentes prestan servicios tales como logística de transporte, servicios de aduana, abastecimiento de suministros, entre otros. En este sentido, algunos investigadores mencionan que deberían existir servicios de bodegaje para el equipamiento ingresado para poder usarlo en campañas posteriores.

En general, los investigadores mencionan que el retiro de muestras desde la Región en Magallanes y el país funciona bien, tanto respecto de las condiciones ambientales para el transporte (temperatura, luz, etc.) como respecto del tiempo de transporte (EX05). En diversos casos estas muestras son analizadas en el extranjero debido a la falta de instrumentos en Chile (CI10) y luego reenviadas a Chile para continuar con la investigación. Sin embargo, los investigadores coinciden en que el ingreso/reingreso de muestras al país es tremendamente demoroso y burocrático, entre otros porque el personal a cargo el Servicio de Aduanas/Servicio Agrícola y Ganadero, no entiende el asunto (CR06). En todos estos casos se menciona que la intervención personal en Santiago por parte de los investigadores mismos o por investigadores de entidades nacionales es necesaria para acelerar el ingreso/reingreso de las muestras. Sin lugar a dudas este aspecto es algo que debería ser mejorado.

4.3.3 Conocimiento y recursos humanos

El conocimiento del contexto local así como del laboratorio natural propiamente tal, son necesidades tremendamente importantes para los científicos extranjeros, sin embargo no se consideran necesidades críticas ya que este conocimiento existe en la Región.

Los científicos extranjeros interesados en las características distintivas de la Región Subantártica en Magallanes mencionan que llevar a cabo trabajo en un contexto particular requiere **tener un buen conocimiento del laboratorio natural (geografía, evolución, fenómenos que existen dentro de ella, etc.)**. Dicho de otra manera, la investigación en la Región Subantártica en Magallanes no se puede llevar a cabo de manera aislada, y requiere de un suministro importante de información emanada de fuentes locales sobre las condiciones existentes en el territorio.

«Los investigadores extranjeros y las organizaciones de investigación extranjeras con seguridad están interesadas en colaborar con investigadores chilenos. Para esto es muy importante encontrar socios en terreno que conocen bien el sistema que se está estudiando, así como la infraestructura existente» (CR03)

El desafío es lograr que el conocimiento del contexto local así como del laboratorio natural forme parte de ofertas de servicios comerciales accesibles por cualquier investigador interesado y/o a desarrollar soluciones para lograr que este conocimiento, así como los resultados de los proyectos de investigación científica realizados en la Región, sean accesibles por la comunidad científica internacional.

Esto implica disponer de información y datos regionales. Así por ejemplo, en el ámbito de la investigación relativa al cambio global, resulta muy importante para la comunidad científica extranjera tener acceso a información sobre lo que está sucediendo en regiones claves del mundo. Un representante de la NASA entrevistado en el marco del estudio subraya, por ejemplo, la importancia de **contar con una política de datos abierta** para facilitar la colaboración científica a nivel internacional.

La posibilidad de **contar con socios locales de confianza y calidad** es identificada sistemáticamente por los científicos extranjeros como un elemento indispensable para llevar a cabo investigación científica en una región o país particular.

«Tener colaboradores locales y gente que cuenta con credibilidad científica y cierto grado de visibilidad internacional es muy importante para nosotros» (CR04)

«El principal requisito para llevar a cabo investigación colaborativa con un socio extranjero es la excelencia científica. Se requiere cierta capacidad de liderazgo, gestión, y ahí Chile no es el mejor.» (CR05)

Sin embargo, en este sentido parecen existir algunas deficiencias en Chile y en particular a en la Región de Magallanes. Algunos investigadores que han llevado a cabo colaboraciones con la comunidad científica regional en el marco de proyectos de investigación, señalan algunas **deficiencias dentro del tejido científico local**.

«El nivel científico de nuestros homólogos chilenos no es el mejor, no puedo decir que estén en la frontera de la investigación en nuestra área. Existen brechas importantes en el nivel de la ciencia en la Región». (CI09)

Finalmente, también se han identificado ciertas **deficiencias en asuntos de gestión de actividades científicas o de apoyo administrativo** que limitan la cooperación con investigadores chilenos.

«En lo que se refiere a las capacidades institucionales en Chile (para llevar a cabo investigación colaborativa), la experiencia no ha sido muy buena. Las universidades chilenas y las entidades de investigación parecen estar atoradas en un modelo de operación, particularmente en apoyo administrativo a la ciencia, que no corresponde a organizaciones científicas del siglo XXI». (CR05)

Adicionalmente, se identificó una tendencia importante por asociar a la investigación científica relacionada con las ciencias de la vida, con las dimensiones humanas de los territorios que se están estudiando. De dicho enfoque se desprende la **necesidad de contar con investigadores en ciencias sociales capaces de colaborar con científicos de ciencias naturales** en el marco de proyectos de investigación con un enfoque territorial.

4.3.4 Condiciones de trabajo

Finalmente, **las necesidades de los investigadores extranjeros relacionadas con las condiciones de trabajo en la Región no son críticas**. Sin embargo, evitar la ocurrencia de eventualidades o emergencias tales como enfermedades o accidentes del personal científico, o poder gestionarlas adecuadamente cuando éstas aparecen

también es una prioridad para los investigadores extranjeros que participan en expediciones científicas en la Región Subantártica en Magallanes. Esto implica tener la certeza de que existen condiciones propicias para trabajar en la Región en cuanto a seguridad ciudadana, acceso a servicios de salud, estabilidad política y social, por ejemplo.

«Trabajar con Estados soberanos extranjeros implica que existen procesos y restricciones que se deben de respetar. Se hace todo porque las demandas de todas las partes se cumplan y todo se lleve a cabo de la manera más eficaz posible. Pero saber que se pueden evitar las sorpresas es indispensable... si los investigadores tienen la impresión que es un lugar difícil para trabajar entonces buscarán otro destino para llevar a cabo su trabajo.» (CRO4)

Dos entrevistados estadounidenses mencionaron lo atractivo que es Chile para llevar a cabo investigación científica ya que existen buenas relaciones entre los dos países y sabían que no iban a encontrar ningún tipo de hostilidad. En este sentido la Región Subantártica en Magallanes parece ofrecer buenas condiciones para que el trabajo científico se pueda realizar en condiciones adecuadas.

4.4 CONCLUSIONES

En términos generales, respecto a las capacidades científicas disponibles actualmente en la Región de Magallanes, podemos detectar una serie de entidades e iniciativas dedicadas a la investigación de características distintivas de la Región Subantártica en Magallanes, sin embargo al mismo tiempo un círculo vicioso en cuanto a una falta de masa crítica de investigadores, lo que a su vez afecta la capacidad de la Región de atraer nuevos recursos para ejecutar proyectos de investigación que dinamicen la producción científica en la Región. Con todo, los resultados de la producción científica regional en el contexto nacional son, más bien, deficientes y con una tendencia decreciente.

Para que la promoción de la ciencia pueda abrir posibilidades para el desarrollo de una región, en el amplio sentido del término, es necesario contar con un marco estratégico a nivel regional, que promueva la formación y el fortalecimiento de capacidades y suscite oportunidades para el aprovechamiento de las ventajas comparativas de los territorios que cuentan con las potencialidades para desarrollar tales espacios geográficos.

Sin embargo, pese a que la Región de Magallanes y Antártica Chilena cuenta con una serie de propuestas enfocadas en promover el desarrollo de mayores capacidades científicas, ninguna de ellas es lo suficientemente específica. Más aun, la promoción de la ciencia en la RSAM no es mencionada en forma concreta en ninguna de estas propuestas, lo que evidencia la falta de conciencia de las características y potencialidades de este territorio en materia científica.

Esta deficiencia estratégica se manifiesta, finalmente, en la falta de programas e instrumentos regionales dedicados a fomentar la actividad científica y en una incapacidad de la Región de Magallanes y Antártica Chilena de contrarrestar los efectos de la centralización del sistema de investigación chileno. Teniendo en cuenta que la mayoría de los programas de apoyo a la ciencia no consideran una dimensión territorial, sólo las regiones que disponen de más y mejores equipos de investigadores reciben más fondos. Por ende, la falta de masa crítica en la Región

de Magallanes afecta directamente su capacidad de competir en concursos de financiamiento de investigación científica a nivel nacional. Esta problemática se acentúa por el hecho de que la investigación científica en la Región presenta costos considerablemente mayores, dadas las condiciones en las que se lleva a cabo (situación aislada de la región, condiciones extremas).

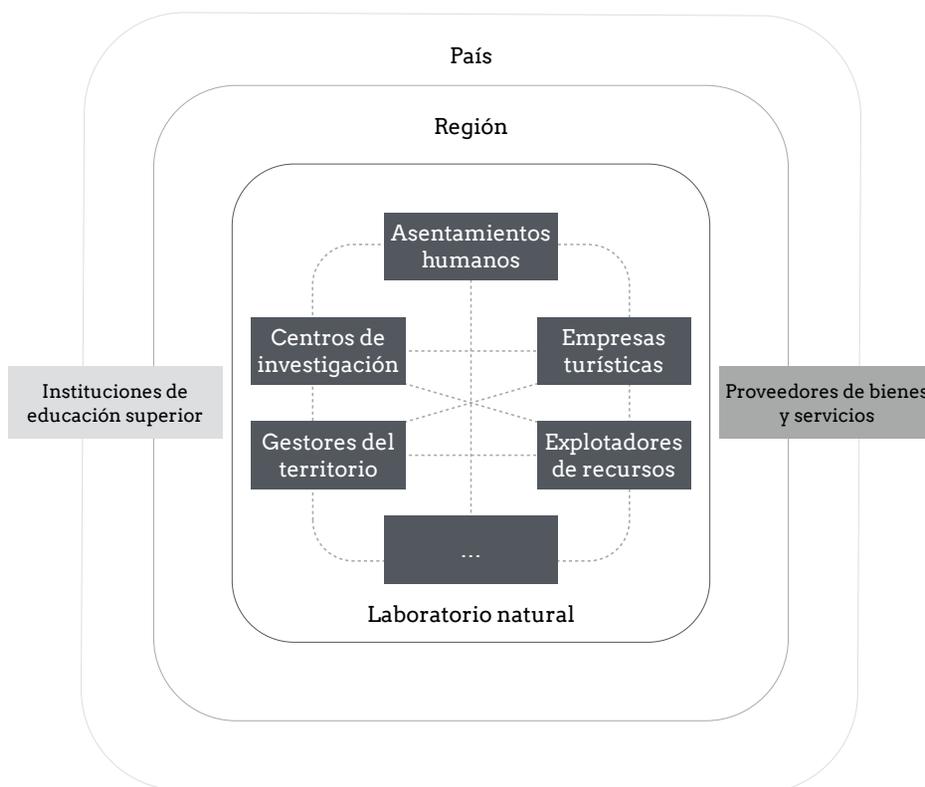
Finalmente, respecto a las necesidades identificadas en base a entrevistas con miembros de la comunidad científica nacional e internacional que ha realizado investigación en la Región Subantártica, hemos identificado necesidades para la realización de actividades científicas en la Región Subantártica en Magallanes en cuatro ámbitos, a saber, i) infraestructura científica y logística, ii) servicios científicos y logísticos, iii) conocimiento y recursos humanos y iv) condiciones de trabajo. Si bien, ninguna de estas categorías representa limitaciones que restrinjan en la actualidad el desarrollo de la actividad científica, se trata de dificultades que al ser aminoradas podrán facilitar el desarrollo de la ciencia sobre la Región Subantártica, y por tanto, deben ser consideradas en el diseño de una estrategia de promoción.

5. Impactos, potencial de encadenamiento y el paradigma de desarrollo de un laboratorio natural en la Región Subantártica

A partir de los estudios de casos (ver sección 2) hemos descubierto que los productos resultantes de las actividades científicas que se llevan a cabo en los laboratorios naturales pueden causar una serie de cambios de largo plazo. Pese a ello, las estimaciones de los impactos de estos laboratorios se han restringido hasta ahora a la cuantificación de actividades comerciales que se llevan a cabo en estos territorios. Por esta razón consideramos necesario desarrollar un marco propio para poder estimar estos impactos desde una perspectiva más amplia, considerando sus efectos, por ejemplo, en el mercado laboral, la competitividad, la sociedad en general, entre otros.

En la Figura 8 mostramos un modelo de un laboratorio natural de acuerdo al conocimiento adquirido a partir de los estudios de casos. Acá se representan en forma esquemática los otros territorios de interés (la región y el país) así como los principales actores de estos territorios: centros de investigación, empresas turísticas, explotadores de recursos, asentamientos humanos y gestores del territorio. Aparte de estos actores, en el entorno de los laboratorios naturales también hemos identificados entidades de educación superior así como proveedores de bienes y servicios.

Figura 8
Modelo de un laboratorio natural como un sistema abierto



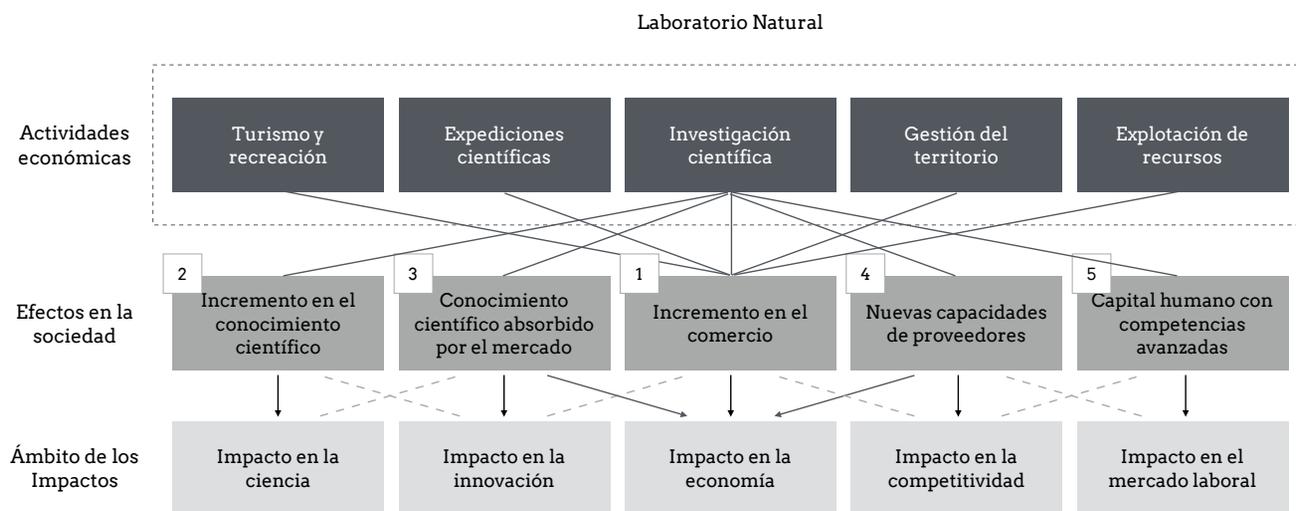
Aun cuando los actores en un laboratorio natural persiguen diversos y diferentes intereses, su quehacer está directamente relacionado con las características distintivas del laboratorio natural. Además, las acciones de cada actor influyen en el que hacer de los otros, conformando un sistema abierto, en el pleno sentido del concepto. La implicancia más evidente de este modelo radica en la necesidad de definir los alcances geográficos del laboratorio natural en la RSAM. Tal como podremos comprobar en este capítulo es importante saber si localizaciones donde actualmente se ubican, por ejemplo plataformas petroleras, concesiones acuícolas o terminales portuarios, son o no parte de este laboratorio natural.

5.1 POSIBLES IMPACTOS DE UN LABORATORIO NATURAL EN LA REGIÓN SUBANTÁRTICA EN MAGALLANES

Cuando hablamos de los impactos de un laboratorio natural, nos referimos a los efectos o cambios de largo plazo causados por los productos resultantes de las actividades realizadas por actores claves de este espacio geográfico, en relación con sus particularidades geográficas, naturales y ambientales.

Con el fin de guiar la presentación de los efectos y ámbitos considerados en el análisis de impactos de un laboratorio natural, mostramos en la Figura 9 las actividades económicas, los efectos y los ámbitos de impacto considerados en el marco desarrollado para evaluar los impactos de un laboratorio natural.

Figura 9
Esquema del modelo desarrollado para estimar los impactos de un laboratorio natural.



Elaboración propia en base a análisis realizado.

En el primer nivel mostramos las actividades económicas claves relacionadas con un laboratorio natural (la gestión del territorio, la investigación científica, la explotación de recursos naturales así como el turismo, la recreación y las expediciones científicas) que fueron identificadas en los estudios de casos.

Luego, en el segundo nivel mostramos los efectos considerados. Esta selección se basa en los resultados de los estudio de caso, las especificaciones de las bases técnicas del estudio (demandas y derrames), en nuestra experiencia en estudios anteriores (CameronPartners, 2013) así como en el análisis de publicaciones recientes en materia de impactos de infraestructura científica (Griniece, Reid y Angelis, 2015). De acuerdo al modelo que hemos propuesto, todas estas actividades aportan a una mayor actividad económica (líneas convergentes). Sin embargo, las actividades de investigación tienen efectos en diferentes ámbitos de la sociedad (líneas divergentes): en el conocimiento científico, en el conocimiento absorbido en el mercado, en el incremento del comercio, en las capacidades de los proveedores, en el capital humano, entre otros.

En el tercer nivel mostramos los ámbitos de impactos considerados: la ciencia, la innovación, la economía, la competitividad y el mercado laboral. En este contexto es importante enfatizar que los efectos mencionados no son independientes entre sí (efecto sistémico). De hecho, sin nuevo conocimiento científico la transferencia de conocimiento se estanca; si no hay actividades comerciales tampoco se externalizarán proyectos de desarrollo y los proveedores no podrán desarrollar nuevas capacidades, etc.

5.1.1 Impacto del incremento del comercio sobre la economía en general

Como hemos mencionado en el capítulo 2, en el marco de este estudio descubrimos que en un laboratorio natural no sólo se realiza investigación científica sino que también se realizan otras actividades económicas relacionadas con las características distintivas del laboratorio, tales como turismo, recreación, explotación de recursos naturales, etc. De este modo, es de esperar un impacto sobre la economía en general, por ejemplo regional o nacional, producto del incremento en el comercio que genera un laboratorio natural. Teniendo en cuenta el carácter sistémico de las interrelaciones que se dan entre los actores responsables de estas actividades y los efectos que se generan, una estimación del impacto económico de un laboratorio natural debe incluir no sólo las actividades científicas propiamente tales sino que las principales actividades económicas relacionadas con el laboratorio natural.

En el caso de la Gran Barrera de Coral, *Deloitte Access Economics* (2013) ha estimado este impacto sobre la economía a través de la medición de variables como i) el gasto agregado de los actores que realizan las principales actividades económicas dentro del laboratorio natural (*aporte indirecto*), ii) el valor añadido de este gasto y iii) el número de puestos de trabajo generados en cada una de estas actividades, diferenciando los aportes realizados dentro y fuera del territorio¹³; en este último caso, específicamente en el territorio lindante, en el resto de la región y en el resto del país. Este esquema confirma la necesidad de definir la extensión geográfica de la RSAM.

En el caso de Christchurch, Saunders *et al.* (2013) utilizan un modelo un tanto diferente, ya que el análisis se centra en i) los ingresos agregados obtenidos producto de las actividades relacionadas con lo antártico (*aporte directo*) así como en ii) el gasto agregado asociado con estos ingresos (*aporte indirecto*). Acá también se contabiliza iii) el consumo agregado que se genera a partir de los salarios derivados de los aportes directos e indirectos (*aporte inducido*). En todos los casos desglosando estas variables según sectores económicos.

13 En este informe diferenciamos entre agregar y añadir. Por ejemplo, bajo gasto agregado entendemos la resultante de sumar diversos gastos. En tanto, por valor añadido entendemos el valor adicional que adquieren bienes (económicos) al ser transformados durante su proceso productivo.

A diferencia del caso de la Gran Barrera de Coral, en Christchurch también se contabilizan actividades económicas realizadas fuera del laboratorio natural siempre que estén relacionadas con él; lo cual es plausible ya que en este caso el laboratorio natural (la Dependencia de Ross en la Antártica) está bastante alejado de Christchurch. Por la misma razón, en este caso los aportes sólo se agregan a nivel de región y país.

Debido a lo anterior, el impacto del incremento en el comercio sobre la economía en general de un laboratorio en la RSAM se podría medir a través de **efectos en el ingreso, el gasto y los empleos de los actores** con actividades económicas relacionadas con las características distintivas del laboratorio natural. Estas actividades pueden estar en algunos casos vinculadas con la actividad científica, o en otros casos con actividades turísticas, culturales o de administración pública. En este contexto es importante recalcar la importancia de considerar el valor añadido (ingreso menos gasto) en la estimación del impacto en la economía. Con el valor añadido es posible cuantificar en qué medida estos aportes realmente contribuyen a una mayor actividad económica en la región y en el país. Al poner en relación el valor añadido y el gasto respectivo es posible estimar cuán competitivas son las empresas proveedoras en cada uno de estos espacios geográficos, al momento de satisfacer las necesidades de sus clientes.

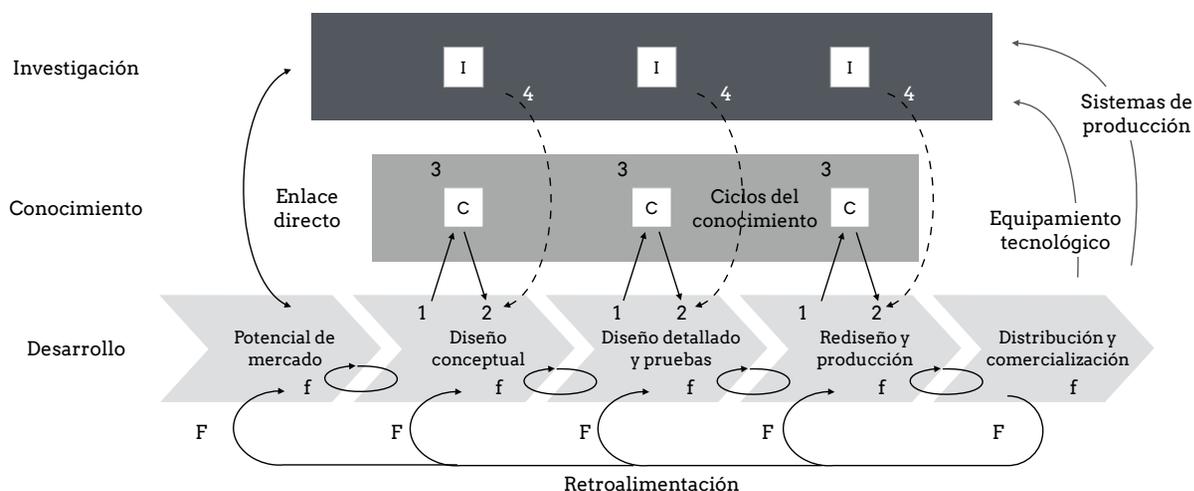
5.1.2 Impacto del incremento del conocimiento científico sobre la ciencia y el desarrollo tecnológico

Los productos de la investigación científica que se realiza en los laboratorios naturales pueden conducir a desarrollos que favorecerán a la sociedad en general. Aunque estos efectos son muchos y amplios, la estimación de los impactos de la actividad científica para la sociedad, particularmente los impactos económicos, es un problema con solución pendiente ya que los efectos son generalmente indirectos, difíciles de atribuir y cuantificar.

En efecto, a fines de la década pasada la Sociedad Astronómica y el Instituto de Física del Reino Unido en conjunto con la consultora *Oxford Economics* unieron fuerzas para intentar medir el impacto de la actividad científica realizada en estas disciplinas en el Reino Unido (Fabian, 2010). Para reducir la complejidad del problema, intentaron identificar las contribuciones de los conocimientos científicos resultantes de investigación científica fundamental, para tres tecnologías contemporáneas. Sin embargo, ellos concluyeron que no eran capaces de resolver este problema y que, además, el problema no era factible de ser resuelto. Debido al carácter esencialmente fundamental de la investigación que se realiza en los laboratorios naturales consideramos que este resultado también aplica para la actividad científica realizada en estos territorios.

En la Figura 10 mostramos algunos elementos y relaciones existentes entre la investigación científica y el desarrollo tecnológico, particularmente los procesos de transferencia de conocimiento; es decir los procesos de traspaso de conocimiento científico, tanto nuevo como existente, generado en universidades y centros de investigación hacia la sociedad en general.

Figura 10
Modelo de relaciones entre la investigación científica y el desarrollo tecnológico y el rol de la transferencia de conocimiento



Elaboración propia en base a Kline y Rosenberg (1986).

A partir del esquema anterior se puede apreciar que el proceso general que involucra la investigación científica, la transferencia de conocimiento y el desarrollo tecnológico, corresponde a un proceso multidireccional, iterativo, con eventos simultáneos, retroalimentado e incluso caótico. Es decir, no corresponde de ninguna manera a un proceso unidireccional, secuencial, predecible; algo como una cadena de valor, como se suele representar en forma coloquial. De este modo, para poder resolver el problema planteado por Fabian (2010) se deberían rastrear en reversa los caminos específicos de transferencia de conocimiento a partir de determinados desarrollos tecnológicos hasta llegar a los resultados de investigación científica que los sustentan, lo cual a posteriori es prácticamente imposible, más aun si se tiene en cuenta que los procesos de transferencia de conocimiento pueden tomar mucho tiempo, incluso décadas.

Cuando existen dificultades como las mencionadas, las evaluaciones de impacto generalmente se restringen a medir y evaluar aspectos relevantes del proceso de transformación *insumos-actividades-productos*. De este modo, en el caso de un laboratorio natural en la RSAM, **se pueden medir y evaluar, por ejemplo, el número de publicaciones indexadas, el número de copublicaciones, el factor de impacto de publicaciones, el número de científicos formados, etc.**, es decir, los efectos de la actividad científica en la productividad, calidad, reputación y visibilidad científica de los laboratorios naturales. En el largo plazo estos efectos se denominan *impacto (del conocimiento científico generado en el laboratorio natural) sobre la ciencia*.

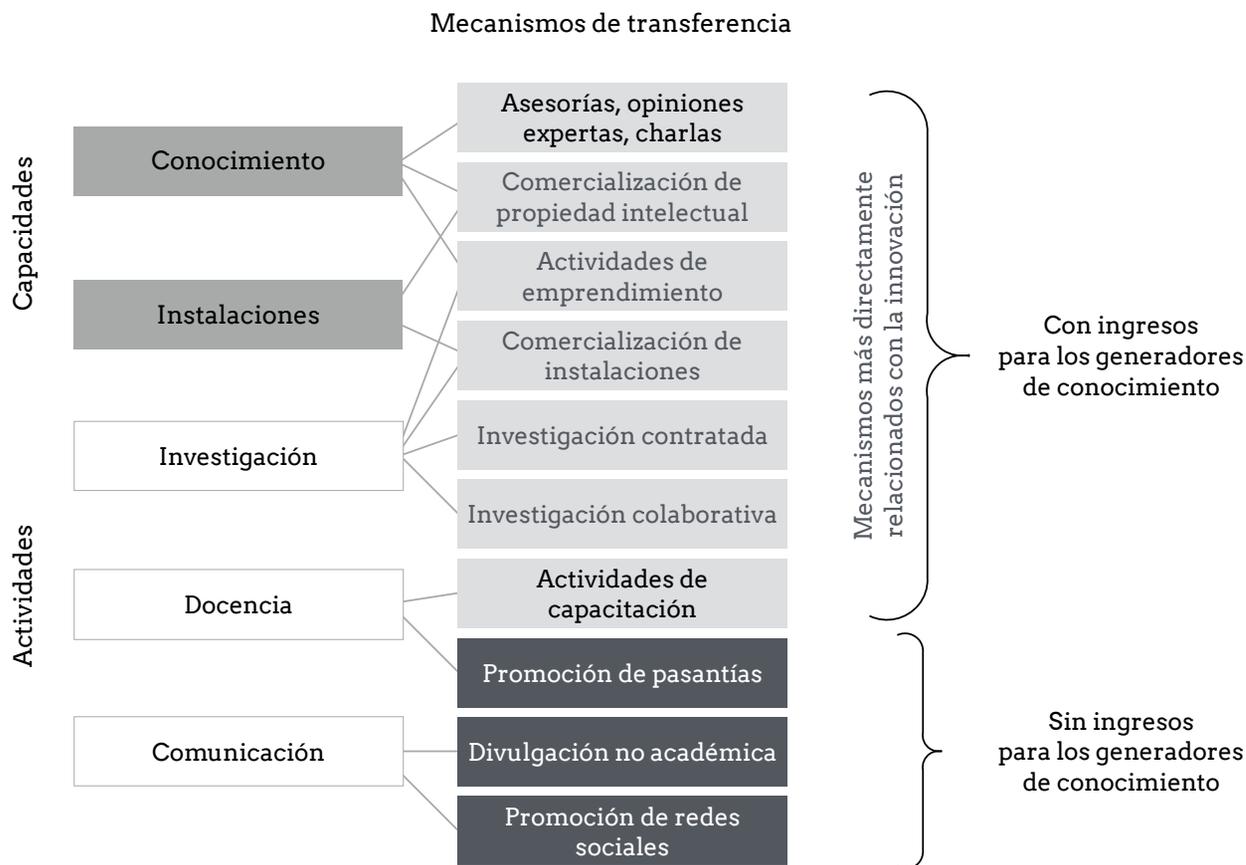
5.1.3 Impacto del conocimiento científico absorbido comercialmente sobre la economía y la innovación

El conocimiento científico absorbido por una organización se materializa en innovaciones en un sentido amplio. Para poder estimar el impacto del conocimiento (existente o nuevo) transferido por un laboratorio natural y absorbido por otras organizaciones sobre la innovación deberíamos analizar las innovaciones que resultan de este conocimiento. Para ello, sin embargo, sería necesario reconocer innovaciones y luego realizar el ejercicio inverso indicado en Fabian (2010) y discutido en la sección anterior. Independiente del hecho que este problema no ha sido resuelto, el hecho que reconocer una innovación como tal es algo bastante subjetivo, hace que este camino no sea viable para una estimación de impacto.

Un camino alternativo es medir y evaluar los ingresos obtenidos por universidades y centros de investigación por productos de las actividades de transferencia de conocimiento que están directamente relacionados con procesos de innovación tecnológica y, de este modo, estimar el impacto del conocimiento científico absorbido comercialmente sobre la economía. Del mismo modo, si consideramos que mientras más conocimiento científico es absorbido por el mercado, mayor es la capacidad de innovación de las empresas respectivas, entonces al cuantificar los productos respectivos estamos estimando indirectamente su impacto sobre la innovación.

En este sentido, MolasGallart *et al.* (2002) caracterizan las actividades de transferencia de conocimiento desde universidades y centros de investigación hacia la sociedad en general, particularmente hacia los sectores productivos. Este modelo se muestra en la Figura 11. Acá se diferencian las actividades asociadas a las capacidades de las entidades que generan conocimiento (lo que ellas tienen), así como a las actividades (lo que ellas hacen).

Figura 11
Actividades de transferencia de conocimiento de un generador de conocimiento asociadas a diferentes capacidades y actividades de éstos



Elaboración propia en base a MolasGallart et al. (2002).

En el modelo mostrado en el esquema anterior se resaltan las actividades de transferencia de conocimiento que se distinguen por estar más directamente relacionadas con procesos de innovación tecnológica y, al mismo tiempo, pueden generar ingresos para las universidades y centros de investigación respectivos, en este caso aquellos establecidos en un laboratorio natural, a saber:

- **Comercialización de propiedad intelectual.** Este conjunto de actividades se refiere al aprovechamiento de la propiedad intelectual que puede ser objeto de transacciones comerciales. Las más conocidas son las actividades de patentamiento de resultados de investigación por parte de los generadores de conocimiento y la concesión de licencias relacionadas con estas patentes a empresas. Sin embargo, hay otras formas de propiedad intelectual que también pueden generar fuentes de ingresos para estas entidades tales como la protección de software y procesos de negocios por derechos de autor y marcas comerciales, y que pueden ser licenciados para su uso.

- **Actividades de emprendimiento.** Son todas las actividades llevadas a cabo por los generadores de conocimiento para crear nuevas empresas que aprovechen sus capacidades existentes (ya sea de conocimiento o infraestructura), o conocimientos (existentes o nuevos) resultantes de la investigación. A menudo ellas se vinculan a la utilización de conocimientos existentes y su posterior adaptación para hacerlos utilizables en entornos comerciales. A diferencia de la comercialización de tecnología, en las actividades de emprendimiento a menudo se involucran académicos y no académicos en codesarrollo y adaptación del conocimiento para desarrollar innovaciones específicas. Las actividades de emprendimiento pueden tomar una variedad de formas: jointventures, spinoffs, startups, incubadoras y parques científicos. Las entidades pueden también establecer concursos de ideas de negocio, y mecanismos de financiación con capital semilla para apoyar las actividades de emprendimiento.
- **Comercialización de instalaciones.** Las universidades y centros de investigación poseen un amplio conjunto de instalaciones que pueden ser de interés para usuarios externos. Laboratorios, bancos de pruebas, salas de conferencia y de enseñanza, bibliotecas, así como edificios y terrenos dentro o cerca de los terrenos de la universidad pueden ser puestos a disposición de entidades externas. La comercialización de estas instalaciones se puede asociar a otras actividades presentadas en este modelo. Por ejemplo, alquilar laboratorios e instalaciones de prueba para que empresas puedan participar en acuerdos de investigación colaborativa, donde se reúnen ingenieros y técnicos externos con académicos e investigadores. Estudios sobre los impactos económicos de la investigación han demostrado que la industria suele contratar instalaciones de universidades y centros de investigación locales para probar nuevas ideas y productos (Arnold y Thuriaux, 2001).
- **Investigación contratada.** A menudo, este tipo de investigación está orientada a la solución de problemas específicos, o el suministro de datos e información de interés para entidades no académicas. La investigación contratada es parte de la transferencia de conocimiento cuando: i) su objetivo no es la búsqueda del conocimiento por sí mismo, sino la solución de problemas específicos, ii) el acuerdo contractual no es una subvención a la investigación, y iii) el cliente cubre los costes del trabajo. Por tanto, es probable, que esta forma de investigación esté acompañada de algunas restricciones a la difusión de los resultados, a menudo en forma de un acceso privilegiado a ellos así como de tiempos de espera entre la entrega de resultados al patrocinador y su publicación en revistas académicas u otras formas de difusión.
- **Investigación colaborativa.** Al participar en este tipo de investigación, las universidades y centros de investigación persiguen metas académicas, en tanto que la entidad contratante (generalmente privadas) puede tener sus propios objetivos. Individuos y entidades fuera del mundo académico pueden estar interesados en la aplicación futura de resultados y habilidades generados a través de esta investigación, o pueden usar su acceso al trabajo científico como una forma de identificar nuevos talentos con el fin de contratar investigadores jóvenes con alto potencial. Para obtener acceso inmediato a la investigación científica, pueden participar proporcionando instalaciones de investigación o fondos, ofreciendo a sus organizaciones estudios de caso pilotos, o participando

directamente como miembros del equipo de investigación. En algunos casos, las propias entidades pueden liderar los esfuerzos de investigación científica como una forma de desarrollar y apoyar sus habilidades y conocimientos.

Utilizando este modelo se puede estimar el impacto del conocimiento absorbido comercialmente por el mercado sobre la economía midiendo los ingresos obtenidos por universidades y centros de investigación establecidos en o directamente relacionados con el laboratorio natural de la RSAM por productos de las actividades de transferencia de conocimiento directamente relacionadas con procesos de innovación tecnológica. Del mismo modo, tal como mencionado anteriormente, si consideramos que mientras más conocimiento científico es absorbido por el mercado, mayor es la capacidad de innovación de las empresas respectivas, entonces al cuantificar este gasto de las organizaciones demandantes estamos estimando indirectamente su impacto sobre la innovación.

5.1.4 Impacto de las capacidades adquiridas por empresas proveedoras de los generadores de conocimiento en el marco de proyectos de desarrollo sobre la competitividad

Al analizar cómo se estima el impacto de las actividades económicas que se realizan en otros laboratorios naturales, vimos que algunos de los indicadores utilizados son el gasto realizado por las entidades establecidas en estos laboratorios así como el valor añadido y el número de puestos de trabajo generados tanto dentro como fuera del territorio, en particular en lo relacionado con las actividades de investigación.

En el esquema propuesto, sin embargo, no se diferencian los tipos de valor añadido y/o los tipos de puestos de trabajo generados. Es decir, si una entidad de investigación, por ejemplo, contrata el desarrollo de un instrumento científico o adquiere muebles de oficina y, en ambos casos, el valor añadido alcanza el mismo monto y es completamente generado en el territorio, entonces el impacto se considerará igual. Sin embargo, si se analizan en detalle los efectos secundarios que estas transacciones podrán causar en la competitividad de estas empresas proveedoras queda claro que los impactos no son iguales.

Para el ejemplo de un instrumento científico, generalmente habrá transferencia de conocimiento desde la entidad de investigación hacia la empresa proveedora respecto de lo que el instrumento debe medir (sin embargo, a diferencia de lo analizado en la sección anterior, este conocimiento no es transferido comercialmente); también es posible que las exigencias de desempeño del instrumento sean superiores a las habituales en la industria por lo que es necesario llevar a cabo actividades de investigación y desarrollo propiamente tales. Es decir, al final del proyecto de desarrollo del instrumento científico la empresa proveedora poseerá capacidades que no tenía originalmente, lo cual le permitirá ampliar su oferta de mercado o acceder a nuevos mercados. A estos efectos secundarios denominamos *derrames de mercado*.

Por otra parte, en el caso de los muebles de oficina, no habrá transferencia de conocimiento desde la entidad de investigación hacia la empresa proveedora, y seguramente la posición de mercado de esta última, una vez terminado el proyecto, no cambiará demasiado, si el cliente no fuese una entidad de investigación sino, por ejemplo, una entidad financiera.

En algunas disciplinas, particularmente en la megaciencia (*big science*), por ejemplo en la astronomía o en la física nuclear, las demandas por bienes de capital, insumos y servicios pueden alcanzar volúmenes de cientos o incluso miles de millones de dólares, como se puede verificar en las inversiones realizadas por el Observatorio Europeo Austral (ESO) en Chile. Por esta razón es importante entender cuáles son las variables que permiten identificar las demandas de centros de investigación que generarán mayores derrames de mercado.

Estudiando el caso de la astronomía en Chile, Addere (2011) concluye que la variable fundamental es el nivel tecnológico de los bienes adquiridos por una entidad científica. Este resultado aunque parece plausible a primera vista, no es correcto. En efecto, por ejemplo, si el bien a adquirir es un espectrómetro de masa, incluso en el caso que sea fabricado dentro de un laboratorio natural, no habrá derrames de mercado si se trata de un producto estándar, dado que éstos ocurren cuando los bienes de capital, insumos y/o servicios poseen exigencias superiores y/o las empresas proveedoras deben aplicar tecnologías que no son dominadas completamente por ellas, es decir cuando las demandas implican actividades de desarrollo para los proveedores. Mejores capacidades técnicas y concentración de knowhow y capital humano cualificado pueden fomentar la innovación, facilitar el acceso a financiamiento; en síntesis mejorar la competitividad de los proveedores y por ende su factibilidad de poder ampliar mercados existentes o abrir nuevos mercados.

De este modo, al contabilizar la cuota del valor agregado que se pueden considerar innovaciones para los proveedores de laboratorios naturales, diferenciando los aportes realizados en la región y en el resto del país, es posible estimar el impacto sobre la competitividad de estas empresas de las capacidades adquiridas por empresas proveedoras de los generadores de conocimiento en el laboratorio natural en el marco de proyectos de desarrollo.

5.1.5 Impacto del desarrollo de capital humano con competencias avanzadas sobre el mercado laboral

El desarrollo de capital humano altamente cualificado es un efecto importante de un laboratorio natural. Estos territorios pueden servir para atraer talento regional, nacional e internacional y desempeñar un papel crucial en la formación de nuevos investigadores. Las entidades de investigación en el territorio concentran personal cualificado que mantiene el conocimiento tácito relacionado con las características distintivas de estos territorios. Los investigadores y técnicos que se desempeñan en estos laboratorios pueden ayudar a que nuevos profesionales puedan aprender a llevar a cabo investigación científica relacionada con sus características distintivas. Esta dimensión tácita de la transferencia de conocimiento hace que los laboratorios naturales conformen nodos de entrada hacia las redes de conocimiento. Además, los proveedores de servicios vinculados con las actividades científicas (por ejemplo, telecomunicaciones), también pueden ser fuente de empleos altamente calificados.

Además, la difusión de los conocimientos adquiridos por el personal directivo y administrativo de entidades emplazadas en un laboratorio natural puede tener un valor social significativo. Por ejemplo, las competencias en gestión científica, transferencia de conocimiento y formulación de proyectos de investigación así como las competencias interculturales, idiomáticas y administrativas son efectos importantes con implicaciones de largo alcance para el respectivo sistema de innovación regional.

Por otra parte, el flujo de personal cualificado es una de las formas en que el conocimiento generado y la experiencia acumulada por los investigadores pueden desarrollarse aún más en un contexto de aplicación a problemas sociales o económicos. Los investigadores pueden, por ejemplo, tomar posiciones temporales en la industria o el gobierno, y a través de estos medios, desarrollar sus conocimientos y habilidades para su aplicación en entornos no académicos. Estas transferencias suelen estar asociadas con la investigación colaborativa y proporcionan un canal de difusión clave para la transferencia de aplicaciones no científicas de conocimiento tácito y habilidades incorporadas en los investigadores.

Finalmente, la movilidad de las personas y la aparición de nuevas redes de cooperación son importantes mecanismos a través de los cuales el conocimiento circula y es difundido a un público más amplio. Los estudiantes que realizan estadias en entidades emplazadas en un laboratorio natural llevan consigo nuevo conocimiento científico, habilidades utilizando instrumentación avanzada así como capacidad para aplicar conocimientos a la resolución de problemas complejos. Al mismo tiempo, las pasantías de estudiantes (de pre y postgrado) en entidades emplazadas en un laboratorio natural permiten crear vínculos de largo plazo entre los investigadores y futuros profesionales en el mundo empresarial¹⁴.

De este modo, para estimar el impacto que tendría el desarrollo de capital humano con competencias avanzadas en el laboratorio natural sobre el mercado laboral podemos cuantificar, por ejemplo, el flujo de personal directivo, científico y técnico así como de pasantías de estudiantes (desde pre hasta postgrado) en las entidades generadoras de conocimiento que investigan temas relacionados con el laboratorio natural.

5.1.6 Impacto del conocimiento transferido libremente y de inversiones públicas sobre la sociedad en general

En el modelo de transferencia de conocimiento presentado anteriormente (Figura 11), se muestran, entre otras actividades, la divulgación no académica y la promoción de redes sociales. Si bien es cierto estas actividades no están directamente relacionadas con los procesos de innovación en los sectores productivos y tampoco generan ingresos para las universidades y centros de investigación, ellas tienen efectos de largo plazo que deben ser considerados en la estimación de los impactos de un laboratorio natural.

De esta forma, las entidades que realizan investigación científica en o sobre laboratorios naturales pueden desempeñar un papel importante en la divulgación científica. Por ejemplo, pueden ayudar a inspirar a estudiantes primarios y secundarios así como a la comunidad en general a interesarse por ciencias naturales y sociales, educar a la población sobre las riquezas de los lugares donde habitan y a crear una cultura de sostenibilidad, por ejemplo organizando visitas guiadas al laboratorio natural, charlas de divulgación científica, días de casa abierta, etc. Además, al dar a conocer resultados de investigación realizada en universidades y centros de investigación a través de publicaciones no científicas, periódicos, radio, televisión e internet se alcanzan amplias audiencias no científicas.

¹⁴ En el modelo de actividades de transferencia de conocimiento presentado anteriormente, estas actividades se denominan Promoción de pasantías.

Del mismo modo, las redes sociales formales e informales estrechas aumentan la confianza interpersonal y el intercambio de conocimientos. Estas redes crean nuevas formas de interacción entre los actores del sistema de innovación, estimulan los entornos de aprendizaje y aumentan la conciencia de los usuarios (potenciales y existentes) sobre el alcance del conocimiento que está disponible en las entidades de investigación en el laboratorio natural. La importancia de la promoción de redes sociales (Twitter, LinkedIn, Facebook, etc) como conducto para la transferencia de resultados de investigación ha sido destacada por muchos estudios. Éstos han demostrado cómo se difunden fácilmente los resultados de la investigación cuando existen redes sociales basadas en relaciones personales y cómo se dificulta la transferencia de conocimiento en la ausencia de este tipo de redes. Todo el proceso de transferencia de conocimiento puede ser visto como un proceso de creación de redes que gira alrededor de la comunicación interpersonal.

Finalmente, las inversiones públicas en un laboratorio natural generalmente son ampliamente reflejadas en la prensa lo que conduce a una mayor conciencia pública sobre la importancia de las ciencias. También pueden existir impactos concretos que se derivan de la mejora de las infraestructuras locales, los servicios de planificación urbana y de los servicios comunales, ya que la inversión en laboratorios naturales puede revitalizar ciertas áreas con importantes impactos sociales indirectos.

5.2 POTENCIAL DE ENCADENAMIENTO DE UN LABORATORIO NATURAL EN LA REGIÓN SUBANTÁRTICA

En un estudio realizado en 2013, la OECD señala que algunas condiciones naturales de Chile —principalmente depósitos de cobre para la minería, recursos hídricos utilizados para la acuicultura, recursos del suelo utilizados en la producción de vino y la claridad del cielo para el desarrollo de la astronomía— constituyen activos importantes para poder promover la actividad científica en determinados campos y establecer vínculos entre la ciencia y la economía.

En este contexto Chile lleva ya varios años adoptando medidas para transferir el conocimiento científico hacia sectores económicos claves y promover el desarrollo tecnológico. De acuerdo a la OECD, estas medidas deberían continuar, focalizándose en ventajas comparativas mediante una sólida y permanente participación del sector privado (OECD, 2013).

A nuestro juicio el paradigma de los laboratorios naturales complementa y fortalece este modelo de desarrollo económico. En efecto, en la sección anterior, al analizar los potenciales impactos de los laboratorios naturales en general, y de un laboratorio natural en la RSAM en particular, pudimos verificar que una parte importante de los potenciales impactos resultan de procesos de transferencia de conocimiento. De este modo, los laboratorios naturales pasan a ser proveedores de cadenas de valor en otras actividades económicas, como se muestra en forma esquemática en la Figura 10.

Sin embargo, para que los procesos de transferencia de conocimiento (cuyos mecanismos fueron mencionados en detalle en la sección anterior) sean sostenibles, se requiere, entre otras condiciones, que:

- Que existan sectores y/o entidades con demanda por nuevos conocimientos;
- Que las organizaciones respectivas tengan la capacidad para absorberlos;
- Que existan espacios de encuentro entre ambos tipos de organizaciones.

De este modo, para poder dimensionar correctamente los potenciales impactos de un laboratorio natural en la RSAM y no crear falsas expectativas, es necesario identificar qué sectores y/o entidades podrían tener interés en los conocimientos que se podrían generar en este laboratorio natural; particularmente teniendo en cuenta que los principales sectores económicos de la Región de Magallanes y Antártica Chilena tienen un nivel tecnológico relativamente bajo (pesca, acuicultura, agricultura, ganadería, minería, logística portuaria, etc.) y que las disciplinas científicas más relevantes en este territorio son de carácter más bien básico o fundamental que aplicado.

De este modo, el paradigma de innovación de la triple hélice enfocado hacia el mercado se vuelve menos relevante para comprender el potencial de este laboratorio natural. En su lugar, se debe desarrollar una visión más sistémica del territorio y sus actores, tomando en cuenta como punto de convergencia de sus diferentes intereses una innovación más orientada a resolver desafíos territoriales que desafíos de mercado.

En este sentido un factor favorable es el creciente reconocimiento entre quienes diseñan las políticas públicas y quienes toman decisiones en el sector privado en las economías avanzadas, que el modelo de crecimiento basado en la explotación descontrolada de recursos naturales, no es social, ambiental ni económicamente sostenible. Este reconocimiento se complementa con la creciente apreciación de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos (provisión de alimento, materias primas, componentes activos, regulación del clima, contribución a la cantidad y calidad del agua y el aire, mitigación de amenazas naturales, etc.), los servicios culturales (la recreación, el turismo, la identidad cultural, etc.) y el valor económico de la naturaleza (ten Brinck *et al.*, 2012).

En la provisión de estos servicios a las personas, la naturaleza puede ser entendida como una fuente de bienes naturales, y por tanto, ser vista como *capital natural*, junto al capital financiero, social y humano (Pearce *et al.* 1989). El capital natural es un insumo clave para una amplia gama de sectores económicos. Todos estos cobran relevancia en la transición hacia una economía donde la conservación, restauración y uso sostenible de este capital es un impulsor fundamental. En este contexto, la actividad científica desempeña un papel fundamental en la promoción de este nuevo modelo económico, constituyendo la fuente de conocimiento sobre los principales desafíos y posibles remedios para reducir el impacto de la actividad humana sobre el medio ambiente.

De este modo podemos asumir que la mayoría de los sectores económicos mencionados deberían tener un interés fundamental en salvaguardar su base de activos naturales, evaluar el impacto ambiental de las actividades respectivas, identificar condiciones de sostenibilidad de poblaciones, entender la dependencia de las diferentes actividades económicas de la naturaleza y sus interrelaciones, etc., ya que de otro modo sus operaciones no serán planificables e incluso pueden dejar de ser rentables.

Es decir, la actividad científica en la RSAM puede ser de alto valor para estos sectores económicos, sin que ésta llegue a estar relacionada directamente con el mejoramiento de los respectivos procesos productivos o de las respectivas ofertas de mercado. En este contexto, el turismo juega un papel preponderante ya que el interés por conocer y explorar los territorios prístinos, o cercanos a ello, está y continuará en auge a nivel mundial. Además, es necesario el compromiso de todos los explotadores de recursos si se desea preservar o aumentar la capacidad productiva y regenerativa de la naturaleza. Como descubrimos en los estudios de casos, el desarrollo de la actividad científica sobre las Islas Galápagos y la Gran Barrera de Coral, puso a estos territorios en el mapa mundial del turismo de naturaleza. Es justamente la idea de que éstos constituyen un laboratorio natural lo que imbuyó a estos territorios de un carisma que constituye el fundamento del turismo que allí se realiza.

El caso de las Islas Galápagos nos muestra, sin embargo, las consecuencias negativas del uso y explotación intensiva del capital natural, y deja en evidencia la necesidad de promover un desarrollo de la ciencia que aporte a una gestión sostenible del territorio y sus recursos naturales. En este caso, se busca que la actividad científica no exista sólo para generar conocimiento *per se* en determinadas disciplinas, sino además para integrar estudios sobre los vínculos entre la naturaleza, la sociedad y la economía, para lo cual se requiere la realización de investigación aplicada e interdisciplinaria (que integre procesos sociales, ecológicos y/o económicos).

Por otra parte, en el caso de la Gran Barrera de Coral el turismo representa el 91% del total del valor añadido generado por las diferentes actividades económicas llevadas a cabo en el arrecife. En contraste, la actividad científica representa sólo un 1,7% sobre el valor añadido total que genera la Gran Barrera de Coral. Pese a que el valor directamente añadido por la actividad científica es marginal, la contribución que ha realizado la investigación científica a la gestión del territorio, el uso y explotación del capital natural ha sido enorme, donde todos los actores reconocen la importancia de contar con un conocimiento integrado y actualizado del territorio, los procesos que apoyan su desarrollo y las presiones que lo afectan para protegerlo y restaurarlo, y tomar decisiones informadas, que permitan evitar, mitigar y compensar dichas presiones, y finalmente utilizar estos recursos para el desarrollo socioeconómico regional.

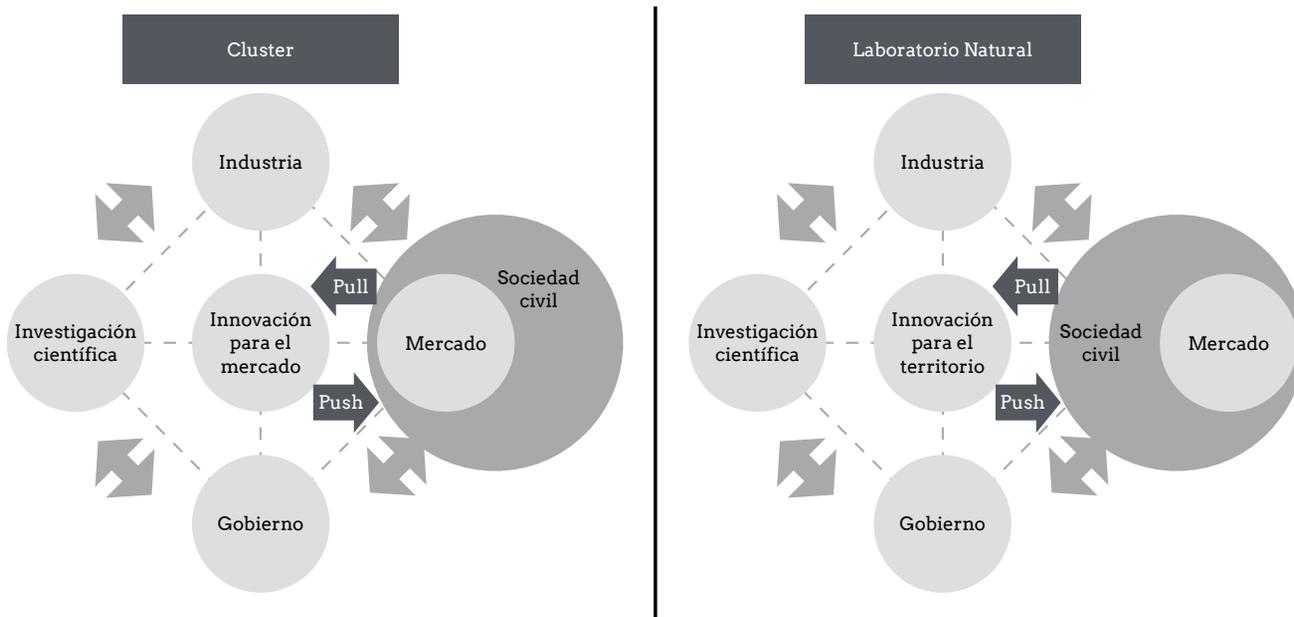
Estos esfuerzos se han materializado en los siguientes documentos estratégicos:

- **Política de manejo de la Investigación Científica en la Gran Barrera de Coral:** política del Parque Marino que promueve la investigación científica y provee un marco para el uso consistente y efectivo de la investigación en el Parque. Principalmente regula los impactos de la actividad llevada a cabo en la región y otorga permisos para esto.
- **Estrategia para la Ciencia y Necesidades de Información 2014-2019:** este documento establece las necesidades de investigación científica que se requerirán los próximos años. Su objetivo principal es asegurar que las actividades científicas sean relevantes, aborden temas críticos de gestión, y que los resultados sean fácilmente accesibles. Esta estrategia se basa en el Reporte de la Gran Barrera del Coral 2014.

- **Plan de sostenibilidad de la Gran Barrera de Coral 2050:** este plan está orientado a la gestión, protección, cuidado y recuperación del arrecife frente al cambio climático, el uso de las costeras y del arrecife. El Plan se basa en muchos años de investigación científica, así como la evaluación de cuatro décadas de gestión, y es el resultado de una estrecha colaboración entre el gobierno, investigadores, organizaciones industriales, propietarios tradicionales, grupos ambientalistas y la comunidad.

Con todo, a partir de estos resultados entendemos que los laboratorios naturales dan lugar conforman un sistema de innovación particular, un tanto alejado del modelo tradicional. Las especificidades de dicho sistema se pueden visualizar al compararlo con sistemas de innovación más tradicionales, como por ejemplo las agrupaciones empresariales (clústeres), tal como mostramos en la figura siguiente.

Figura 12
Sistema de innovación de un clúster empresarial vs. sistema de innovación de un laboratorio natural



Elaboración propia en base a análisis realizado.

Tal como lo ilustra la figura anterior, el sistema de innovación en el marco de un laboratorio natural se distingue del sistema de innovación de clúster empresarial en diversos aspectos:

- Mientras que un clúster empresarial está principalmente enfocado hacia el desarrollo de innovaciones (particularmente tecnológicas) para el mercado, la investigación científica realizada en un laboratorio natural conduce principalmente a innovaciones para los territorios, es decir, desarrollo de nuevas formas y procesos de organización y gestión de un territorio y su población, con miras a alcanzar un desarrollo sostenible. El campo de aplicación de este tipo de innovaciones tiende a ser más amplio: la esfera pública (proceso de toma de decisiones, regulación territorial), la sociedad civil (nuevas prácticas sociales, desarrollo de capacidades humanas e institucionales), etc.

- El papel de las empresas es mucho más pronunciado en el marco de un clúster dada la importancia de su rol durante el financiamiento, desarrollo y lanzamiento de innovaciones para el mercado. En un laboratorio natural las empresas juegan un papel más limitado en el desarrollo y uso de innovaciones (aun cuando en el sector servicios el rol de las empresas tiende a tener mayor relevancia, particularmente servicios turísticos y científicos). En el caso de un laboratorio natural el gobierno es la principal fuente de financiamiento y además el facilitador de la interacción entre los actores del sistema, así como uno de los principales beneficiarios y usuarios directos del conocimiento generado por la actividad científica.
- La sociedad civil es un pilar más importante en un laboratorio natural que en un clúster. La sociedad civil en un laboratorio natural no solo es recipiente del conocimiento generado por la actividad científica sino que también contribuye a la definición de las prioridades de investigación. Las estructuras asociativas (por ejemplo en cuanto a protección ambiental y conservación del territorio) de espectro amplio juegan un papel fundamental en la generación, difusión y uso del conocimiento generado en un laboratorio natural.
- En función del nivel de relevancia de la investigación científica llevada a cabo en un laboratorio natural los sistemas de innovación respectivos pueden tener una importante dimensión internacional. Dicho de otra forma, la actividad científica llevada a cabo en el marco de un laboratorio natural tendrá una doble vocación: mejorar las prácticas de gestión y desarrollo territorial a nivel local, así como aportar a desafíos de carácter global. Dado el gran interés expresado por la comunidad científica extranjera por la RSAM, la dimensión internacional de este sistema de innovación no puede ser ignorada.

5.3 EL PARADIGMA DE DESARROLLO DE UN LABORATORIO NATURAL EN LA REGIÓN SUBANTÁRTICA

Tal como mencionamos en la sección anterior, a nuestro juicio el paradigma de los laboratorios naturales complementa y fortalece el paradigma actual de desarrollo económico en el que, entre otros, se promueve la transferencia de conocimiento científico hacia sectores económicos en donde Chile cuenta con claras ventajas comparativas así como el desarrollo de tecnología que permita enfrentar los desafíos de estos sectores en el contexto nacional.

Al considerar los laboratorios naturales como impulsores de desarrollo se plantea que esta nueva perspectiva se desacoplaría un tanto del paradigma tradicional que fomenta la actividad científica con un propósito de desarrollo productivo de sectores económicos específicos, pasando a ser la investigación científica un impulsor de desarrollo económico por sí misma. Se considera, además, que el desarrollo de los laboratorios naturales tendría características opuestas a los clústeres empresariales pues basarían su existencia en las ventajas comparativas de un territorio — específicas de una ubicación y difícilmente reproducibles— y no en las denominadas ventajas competitivas de éste (Aguilera, 2012).

Sin embargo, un análisis cuidadoso de estas dos afirmaciones revela un entendimiento equivocado de los conceptos utilizados. En efecto, la idea de que el paradigma de los laboratorios naturales tendría características opuestas a los clústeres empresariales porque éstos basarían su existencia en las ventajas comparativas de un territorio, es fácil de refutar, ya que los agrupamientos empresariales basan su existencia precisamente en ventajas comparativas y no en ventajas competitivas. Independientemente de la gran aceptación de la idea contraria a partir del trabajo de Porter (1990), no existen fundamentos sólidos en la teoría económica que avalen esta posición (Krugman, 1997). Además, muchos ejemplos demuestran que el modelo del Diamante de Porter no logra explicar en forma satisfactoria este fenómeno como es el caso, por ejemplo, de los agrupamientos de empresas de servicios profesionales a distancia (*services offshoring*) en la India que, por el contrario, son fácilmente explicables desde el punto de vista de las ventajas comparativas del territorio. De este modo, los potenciales beneficios que se promueven desde los laboratorios naturales (Aguilera, 2012) coinciden plenamente con aquellos que persigue la promoción de los clústeres empresariales y que, en el caso de industrias de mayor contenido tecnológico, es posible alcanzar. Aparte de lo anterior, tal como hemos mostrado previamente, los clústeres empresariales tienen características diferentes (pero no opuestas) a los laboratorios naturales, debido a que los sistemas de innovación respectivos tienen también estructuras diferentes.

Para refutar la idea de que en el paradigma de los laboratorios naturales la actividad de investigación, en sí misma, tiene potencial para desarrollar la economía, se requiere de una argumentación más profunda. En la sección anterior hemos mencionado que algunas condiciones naturales de Chile constituyen activos importantes para promover ámbitos científicos, establecer vínculos entre la ciencia y la economía y desarrollar tecnología. Del mismo modo, mencionamos que para que esto sea posible, los mecanismos de transferencia de conocimiento (mencionados en detalle al comienzo de este capítulo) deben ser sostenibles, lo cual, a su vez, requiere de una serie de condiciones que mencionamos en la sección anterior:

- Que existan entidades dedicadas a la generación permanente de nuevo conocimiento;
- Que en los sectores productivos exista demanda por nuevos conocimientos;
- Que las empresas respectivas tengan la capacidad para poder absorberlos;
- Que existan espacios de encuentro entre ambos tipos de organizaciones;

A estas condiciones se suma la condición de que los generadores de conocimiento financiados con recursos públicos deben dejar el modelo tradicional de investigación orientada a acumular conocimiento, por un modelo donde el conocimiento generado pueda ser aplicado a la resolución de problemas reales de la sociedad.

La aplicación de conocimiento científico a la resolución de problemas reales de la sociedad implica que la transferencia de conocimiento desde, por ejemplo, universidades y centros de investigación donde la investigación se financia con recursos públicos hacia la sociedad trae beneficios para todas las partes involucradas. Para las entidades generadoras de conocimiento esto implica incrementar el valor de sus investigaciones, al dotarlas de aplicaciones y permitiendo la generación de ingresos adicionales para realizar más investigación. Por su parte, para las empresas, la transferencia de conocimiento puede representar una fuente de innovación permitiendo

una mejora en su competitividad. Sin embargo, la mayor beneficiada del proceso es, definitivamente, la sociedad en general, donde el conocimiento se incorpora como factor clave del desarrollo en un sentido amplio y permite garantizar un mayor bienestar para todos sus ciudadanos (Machlup, 1962; Drucker, 1969).

De este modo, las entidades que desarrollan actividades de investigación científica con fondos públicos se incorporan como agentes que influyen fuertemente tanto el desarrollo económico y social de un territorio. El *Informe blanco sobre políticas de ciencia e innovación para el siglo 21* del Reino Unido, otorga a estas entidades un papel central, no sólo como creadores de conocimiento, formadores de mentes y transmisores de cultura, sino que también como actores del crecimiento económico.

Todo esto ha conllevado a un cambio radical en la concepción de la misión que las entidades especializadas en investigación científica deben cumplir en la actualidad, derivando en la llamada tercera misión. Ésta incluye además de las actividades relacionadas con la generación de conocimiento científico y transferencia de éste conocimiento a través de la educación terciaria, el uso, la aplicación y utilización de estos conocimientos, y de otros resultados y capacidades de dichas entidades fuera del ambiente académico, es decir, considera la interacción entre universidades y centros de investigación y el resto de la sociedad.

Con todo, si el modelo anterior conforma el *paradigma tradicional*, entonces el paradigma de fomento de la actividad científica en los laboratorios naturales, como definido por Aguilera (2012), no representa un avance sino un retroceso considerable respecto a las experiencias que han llevado a fomentar una actividad científica cercana a los principales sectores económicos de las economías respectivas y la resolución de problemas que permitan mejorar la competitividad de las empresas de estos sectores. Precisamente han sido las políticas e instrumentos públicos que han dinamizado y facilitado las interacciones entre generadores de conocimiento y el resto de la sociedad, el desarrollo de capital humano con competencias para adecuarse a este nuevo entorno los que explican de mejor manera el crecimiento económico experimentado por algunos países como Alemania, Finlandia o Nueva Zelanda.

En el *paradigma tradicional* sin embargo, la actividad científica realizada en un laboratorio natural debe relacionarse con su entorno socioeconómico, estar atenta a impulsos provenientes de él y lograr que el conocimiento generado sea transferido a este entorno en forma intencionada y activa y finalmente reutilizado y transformado para generar más conocimiento. Si esto no es así, los efectos de la actividad científica en un laboratorio natural se limitarán a las subvenciones que se puedan entregar a las entidades que realizan actividades científicas en este territorio (para suplir sus demandas por bienes de capital, insumos y servicios más el gasto en recursos humanos establecidos en el territorio) y a eventuales derrames.

A partir del modelo de impactos desarrollado en la sección anterior **podemos concluir que en el corto plazo el impacto económico de un laboratorio natural desde la perspectiva de la actividad científica estará definido por los recursos que gasten en la Región las expediciones científicas que no son de la Región y por recursos económicos que se inyecten a las entidades que realicen investigación científica local**. Sin embargo, debido a que la economía de este territorio está basada principalmente en la explotación de recursos naturales con poco valor añadido, las demandas que se podrán satisfacer en el territorio mismo (a condiciones de mercado) serán, en el mejor de los casos, consistentemente, aquellas de bajo valor añadido. Es decir, el gasto en bienes de capital, insumos

y servicios de mediano y alto valor añadido no quedará en la Región de Magallanes. Del mismo modo, el gasto en nuevos recursos humanos especializados no necesariamente favorecerá a los recursos humanos en la Región. Con todo, el fomento de la actividad científica como política de desarrollo no será eficiente si la región no puede satisfacer gran parte de las demandas de las entidades de investigación.

Para que en el mediano plazo esta política de desarrollo sea más eficiente, las entidades generadoras de conocimiento deberían aumentar el gasto en bienes de capital, insumos y servicios de mayor valor añadido desarrollados en el mismo territorio. Para ello, sin embargo, los generadores de conocimiento deben invertir recursos para que las empresas regionales absorban conocimientos de la ciencia. Del mismo modo, para que la actividad científica en el largo plazo reduzca su dependencia de subvenciones, los generadores de conocimiento deberían desarrollar la capacidad de transferir el conocimiento generado en forma comercial. Es decir, en ambos casos, para que la investigación científica que se realiza en un laboratorio natural pueda llegar a ser impulsora de desarrollo para su territorio, ésta debe tener relación con su entorno socioeconómico, recibir y buscar impulsos externos provenientes de éste y transferir este conocimiento a este entorno en forma intencionada y activar los resultados de la actividad científica.

El caso de las Islas Galápagos nos muestra las consecuencias negativas del uso intensivo del capital natural así como la existencia de asentamientos humanos y actividades extractivas en el territorio y deja en evidencia la necesidad de promover un desarrollo de la ciencia que aporte a una gestión sostenible del territorio y sus recursos naturales. En este modelo, la actividad científica no existe sólo para generar conocimiento *per se* en determinadas disciplinas, sino que para integrar estudios sobre los vínculos entre la naturaleza, la sociedad y la economía, para lo cual se requiere la realización de investigación aplicada e interdisciplinaria (que integre procesos sociales, ecológicos y/o económicos).

En ese contexto, nuevamente es necesario enfatizar que incluso en el caso que la actividad científica en un laboratorio natural sea completamente subvencionada, este gasto facilita el desarrollo de actividades turísticas, recreativas, de apoyo a expediciones científicas y/o de explotación de recursos naturales en forma sostenible para el medio ambiente. En este sentido, en el caso de la Gran Barrera de Coral destaca la contribución que realiza la investigación científica a la gestión del territorio y sus recursos naturales, incluyendo su explotación. Se reconoce la importancia de contar con un entendimiento integrado y actualizado de este territorio, sus valores, los procesos que apoyan su desarrollo y las presiones que lo afectan para protegerlo y restaurarlo, y tomar decisiones informadas, que permita evitar, mitigar y compensar dichas presiones, y finalmente utilizar estos recursos para el desarrollo económico regional.

En el caso que la política de desarrollo por medio del fomento de la actividad científica en la Región de Magallanes y Antártica Chilena incluya la atracción de inversión extranjera mediante la instalación de centros de investigación foráneos, como se menciona en el documento Chile surfeando al futuro (CNIC, 2013), la situación anterior no cambia radicalmente, incluso en el caso en que en el país existan proveedores de bienes de capital, insumos y servicios de alto contenido tecnológico o para otras demandas de gran volumen monetario, ya que en este caso las economías que proporcionan estas subvenciones regulan estos gastos, como se puede apreciar en los observatorios

astronómicos en el norte de Chile. En este caso específico, el grueso de los grupos de investigación nacionales que han podido participar en proyectos de desarrollo tecnológico en conjunto con las entidades extranjeras lo han hecho financiando sus propios costos por medio de subvenciones nacionales, particularmente provenientes de la Iniciativa Científica Milenio. Este importante principio de la colaboración científica internacional, denominado *pay top play*, no ha sido considerado en el análisis de Aguilera (2013).

5.4 CONCLUSIONES

A partir de los análisis previos en base a las distintas fuentes de información utilizadas podemos afirmar que los resultados de la actividad científica llevadas a cabo por los actores vinculados a un laboratorio natural generan múltiples efectos en la sociedad, que en el mediano y largo plazo tienen impactos económicos y sociales, algunos de los cuales resultan difíciles de cuantificar de manera directa. Entre dichos impactos podemos señalar i) el incremento de la actividad comercial, ii) el incremento del conocimiento científico, iii) el desarrollo de innovaciones producto de la absorción de conocimiento científico, iv) aumento de la competitividad de las empresas proveedoras de entidades generadoras de conocimiento, producto del desarrollo de capacidades, v) desarrollo de capital humano con competencias avanzadas, y vi) la transferencia libre de conocimiento y las inversiones públicas.

Al analizar los potenciales impactos de los laboratorios naturales en general, y de un laboratorio natural en la RSAM en particular, pudimos verificar que una parte importante de ellos resulta de procesos de transferencia de conocimiento. De este modo, los laboratorios naturales pasan a ser proveedores de cadenas de valor en otras actividades económicas.

La actividad científica en la RSAM puede ser de alto valor para sectores económicos claves de la Región de Magallanes y Antártica Chilena (pesca, acuicultura, agricultura, ganadería, turismo, etc.) sin que ésta llegue a estar relacionada directamente con el mejoramiento de los respectivos procesos productivos o de las respectivas ofertas de mercado. Entendiendo que dichos sectores están vinculados con la explotación de recursos naturales y que estos últimos constituyen una forma de capital, la actividad científica desempeña un papel fundamental en la transición hacia una economía donde la conservación, restauración y uso sostenible del capital natural son impulsores fundamentales, generando un conocimiento clave sobre los principales desafíos y posibles remedios para reducir el impacto de la actividad humana sobre el medio ambiente. Bajo este marco los principales sectores económicos de la RSAM deberían tener un interés fundamental en salvaguardar las condiciones de sostenibilidad de sus activos naturales y de poblaciones, y entender la dependencia de las diferentes actividades económicas de la naturaleza y sus interrelaciones, etc., ya que de otro modo sus operaciones no serán planificables e incluso pueden dejar de ser rentables. En este contexto, el turismo juega un papel importante ya que el interés por conocer y explorar los territorios prístinos, o cercanos a ello, está y continuará en auge a nivel mundial.

Los laboratorios naturales conforman un sistema de innovación particular, cuyas especificidades se pueden visualizar al compararlo con sistemas de innovación más tradicionales, como por ejemplo, las agrupaciones empresariales (clústeres). En efecto, mientras que un clúster empresarial está principalmente enfocado hacia el

desarrollo de innovaciones para el mercado, la investigación científica realizada en un laboratorio natural conduce principalmente a innovaciones para los territorios, es decir, desarrollo de nuevas formas y procesos de organización y gestión de un territorio y su población, con miras a alcanzar un desarrollo sostenible.

Así también, existe una clara diferencia en el financiamiento, ya que la principal fuente de financiamiento de la actividad científica en el laboratorio natural es el gobierno (además de ser uno de sus principales beneficiarios y usuarios directos del conocimiento generado), mientras que en el caso del clúster, las empresas tienen un rol preponderante en el financiamiento, desarrollo y lanzamiento de innovaciones al mercado. Además, la sociedad civil es un pilar más importante en un laboratorio natural que en un clúster, ya que ésta contribuye a la definición de prioridades de la investigación respecto al sistema en donde se encuentra inmersa e interactuando, siendo más que un recipiente del conocimiento generado por la actividad científica. Por lo demás, la actividad científica llevada a cabo en el marco de un laboratorio natural tendrá una doble vocación y alcance geográfico: mejorar las prácticas de gestión y desarrollo territorial a nivel local, así como aportar a desafíos de carácter global.

El análisis realizado indica que el paradigma de los laboratorios naturales complementa y fortalece el paradigma actual de desarrollo económico en el que, entre otros, se promueve la transferencia de conocimiento científico hacia sectores productivos en donde Chile cuenta con claras ventajas comparativas así como el desarrollo de tecnología que permita enfrentar los desafíos de estos sectores en el contexto nacional.

A partir del modelo de impactos elaborado podemos concluir que, en el corto plazo, el impacto económico de un laboratorio natural –desde la perspectiva de la actividad científica– estará definido por los recursos que las expediciones científicas externas a la Región gasten en ella, y por los recursos económicos que se inyecten a las entidades que realicen investigación científica local. Sin embargo, debido a que la economía de este territorio está basada principalmente en la explotación de recursos naturales con poco valor añadido, las demandas que se podrán satisfacer en el territorio mismo (a condiciones de mercado) serán, en el mejor de los casos, consistentemente, aquellas de bajo valor añadido. Es decir, el gasto en bienes de capital, insumos y servicios de mediano y alto valor añadido no quedará en la Región de Magallanes. Del mismo modo, el gasto en nuevos recursos humanos especializados no necesariamente favorecerá a los recursos humanos en la Región. Con todo, el fomento de la actividad científica como política de desarrollo no será eficiente si la región no puede satisfacer gran parte de las demandas de las entidades de investigación.

Para que en el mediano plazo esta política de desarrollo sea más eficiente, las entidades generadoras de conocimiento deberían aumentar el gasto en bienes de capital, insumos y servicios de mayor valor añadido, desarrollados en el mismo territorio. Para ello, sin embargo, dichas entidades deben invertir recursos para que las empresas regionales absorban conocimientos de la ciencia. Del mismo modo, para que la actividad científica en el largo plazo reduzca su dependencia de subvenciones, las entidades generadoras de conocimiento deberían desarrollar la capacidad de transferir el conocimiento generado en forma comercial. Es decir, en ambos casos, para que la investigación científica que se realiza en un laboratorio natural pueda llegar a ser impulsora de desarrollo para su territorio, ésta debe tener relación con su entorno socioeconómico, recibir y buscar impulsos externos provenientes de éste, transferir este conocimiento a dicho entorno en forma intencionada y activar los resultados de la actividad científica.

6. Andamiaje de una estrategia de promoción de la Región Subantártica en Magallanes como laboratorio natural

Como lo demuestran los capítulos anteriores, el estudio permitió definir las características que hacen de la RSAM como laboratorio natural potencial, identificando sus principales características de interés para la investigación científica, pero también las carencias existentes en comparación con otros laboratorios naturales en el mundo. También se identificaron una serie de prioridades temáticas para el desarrollo de la actividad científica así como las condiciones necesarias para el desarrollo de dicha actividad. Finalmente se determinó en qué medida el desarrollo de la actividad científica vinculada con las características distintivas para la investigación científica, puede ser un catalizador de desarrollo regional.

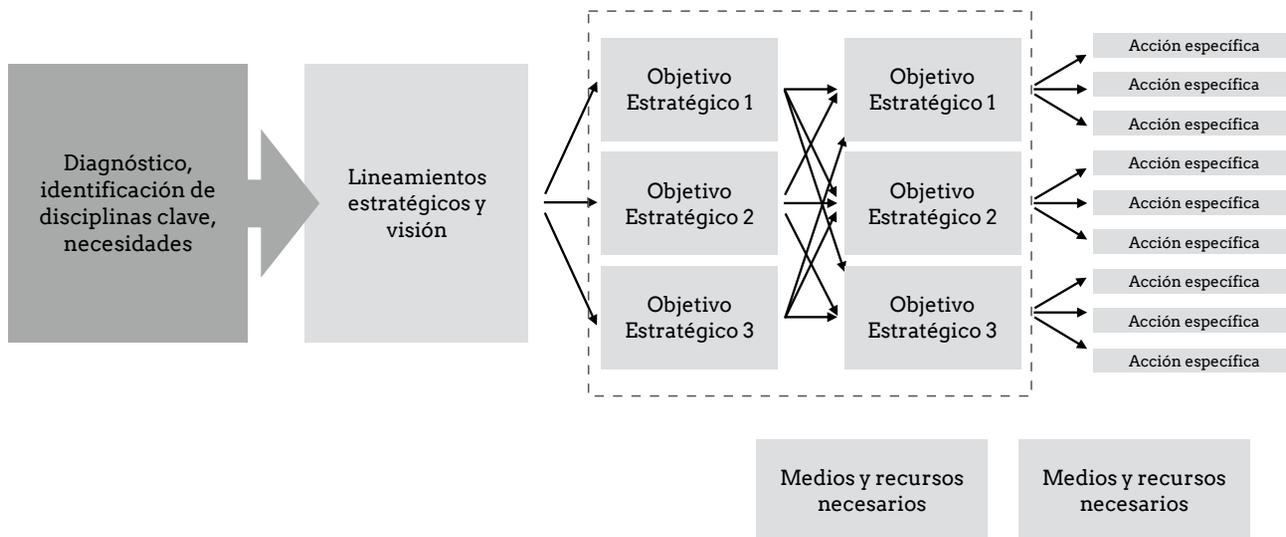
A partir de estos elementos, se sentaron las bases iniciales de una estrategia destinada a promover a la RSAM como laboratorio natural de excelencia chileno y polo de actividad científica internacional, destinado a proteger su patrimonio y favorecer el desarrollo regional.

Cabe destacar que el desarrollo de una estrategia de promoción del laboratorio natural en la RSAM no representa un objetivo prioritario del estudio¹⁵. Por lo tanto, los elementos presentados en este capítulo buscan establecer las bases preliminares, o el andamiaje inicial, de lo que se deberá transformar en una estrategia completa y detallada. Un trabajo adicional de dialogo colectivo y reflexión estratégica tendrá que realizarse por parte de todos los actores relevantes para llegar a dicha meta.

La estrategia preliminar de promoción que se presenta en las secciones siguientes ha sido desarrollada en base al marco que el marco presentado en el diagrama siguiente. En el marco del presente proyecto, se han desarrollado los elementos siguientes: el diagnóstico, justificación de la disciplinas claves identificadas (ver secciones anteriores del informe), y necesidades para el desarrollo de la actividad científica; la visión y el enfoque; y los objetivos estratégicos prioritarios asociados al diagnóstico y la visión. También se formulan ciertos ámbitos de acción y acciones específicas.

¹⁵ *Las bases técnicas del estudio no identifican la estrategia como producto esperado. De la misma manera, la propuesta técnica específica que se desarrollaría una estrategia 'preliminar', ya que la definición de un rumbo de acción para el desarrollo del laboratorio natural no es uno de los objetivos principales del estudio.*

Esquema 1
Propuesta de marco para el diseño de una estrategia de promoción territorial



6.1 LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS

La estrategia de promoción del laboratorio natural en la RSAM deberá buscar apalancar dos fuentes distintas de capacidades y recursos: externos e internos.

- Capacidades y recursos externos: abrir las puertas de la RSAM a las comunidades (científicas, académicas, políticas) internacionales comprometidas con e interesadas en la causa del cambio global. Dichas comunidades representan una fuente importante de capacidades que favorecerían el desarrollo del tejido científico local. También representan una fuente de recursos humanos y económicos que pueden ser fungir como impulsores de la Estrategia Regional de Desarrollo.
- Capacidades y recursos internos: Chile, y en particular la Región de Magallanes y Antártica Chilena, cuentan ya con una base importante de capacidades científicas, institucionales y estratégicas. El objetivo es utilizar dichas capacidades como punto de partida de una estrategia de promoción de laboratorio natural, intentando capitalizar al máximo las dinámicas existentes y los recursos disponibles.

El enfoque disciplinario prioritario de la estrategia de promoción deberá ser en el ámbito de las ciencias biológicas y las ciencias ambientales. Sin embargo, se debe desarrollar una cultura de investigación interdisciplinaria cuando sea relevante, con la intención de abordar el análisis de fenómenos de manera holística. En particular, se propone enfatizar el análisis de las causas y consecuencias del fenómeno de cambio global, con la intención de identificar e implementar soluciones que permitan reducirlo y minimizar sus impactos.

Dado el carácter fundamental preponderante de las disciplinas y los temas de investigación prioritarios, la dimensión tecnológica y de mercado de la innovación impulsado por la estrategia de promoción del laboratorio natural en la RSAM será limitada. En este contexto, se deberá dar prioridad al uso del conocimiento generado por la investigación científica en los ámbitos de la gestión y desarrollo sostenible territorial, y en particular el proceso de toma de decisiones políticas (locales e internacionales), De dicha manera, el enfoque de la estrategia es el desarrollo de encadenamientos científicos que conlleven a la 'innovación territorial' más que a la innovación de mercado o productiva. En particular se buscará fomentar el desarrollo de encadenamientos hacia y desde la ciencia, la comunidad internacional, los gestores del territorio, los explotadores de recursos naturales regionales, y la sociedad civil.

Finalmente, la estrategia de promoción debe facilitar una visión 'sistémica' de laboratorio natural: los responsables de la actividad científica son desde luego, actores claves dentro de este ecosistema, sin embargo se deben tomar en cuenta los intereses y expectativas de otros actores como lo son las empresas turísticas, los gestores del territorio, la sociedad civil, y las empresas que explotan los recursos naturales en este territorio.

6.2 VISIÓN

Hacer de la RSAM en 2025 un territorio de excelencia científica, generador de conocimiento de relevancia mundial relativo a los grandes retos humanos contemporáneos, y en particular, las causas, consecuencias y posibles soluciones (adaptación y mitigación) al fenómeno de cambio global. Además de su relevancia global, dicho conocimiento también permitirá mejorar la gestión del territorio y la protección de su patrimonio único.

6.3 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS Y ÁMBITOS DE ACCIÓN DE LA ESTRATEGIA

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS	ÁMBITOS DE ACCIÓN
1 Desarrollar las capacidades y recursos de la RSAM, en relación con las disciplinas y temáticas científicas prioritarias	Mejorar la infraestructura científica Subantártica Internacionalización de la comunidad científica Subantártica Atracción y desarrollo de talento científico en la región
2 Mejorar la gobernanza y la gestión estratégica de la investigación científica regional, en relación con las disciplinas y temáticas científicas prioritarias	Desarrollo de organismos de gobernanza y gestión estratégica específicos del laboratorio natural
3 Mejorar la visibilidad de la RSAM en el extranjero	Diplomacia científica y marketing del laboratorio natural en la RSAM Desarrollo de capacidades en gestión de conocimiento Internacionalización de la comunidad científica Subantártica
4 Desarrollar una cultura de investigación científica de excelencia, en relación con las disciplinas y temáticas científicas prioritarias	Internacionalización de la comunidad científica Subantártica Atracción y desarrollo de talento científico en la región Estrechar los vínculos entre la investigación científica antártica y la investigación científica Subantártica Incentivos a la excelencia científica Diplomacia científica y marketing del laboratorio natural en la RSAM
5 Mejorar la gestión de la información relativa el laboratorio natural de la RSAM, y fortalecer la cultura de 'open data'	Desarrollo de capacidades en gestión de conocimiento Mejora de marco regulatorio relativo a los incentivos y evaluación de la investigación, y publicación de conocimiento
6 Fortalecer la cadena de valor 'científica' y el desarrollo de un tejido regional de proveedores de bienes y servicios técnicos y tecnológicos destinados a apoyar la investigación Subantártica.	Política de valorización y transferencia tecnológica y desarrollo de spin-offs locales Atracción de inversión extranjera
7 Poner a la ciencia al servicio del territorio y de su población	Desarrollo de capacidades en gestión de conocimiento Desarrollo de la innovación responsable y participativa Desarrollo de organismos de gobernanza y gestión estratégica específicos del laboratorio natural Ámbito de acción transversal: Estrechar los vínculos entre la investigación científica antártica y la investigación científica Subantártica
8	Ámbito de acción transversal: Estrechar los vínculos entre la investigación científica antártica y la investigación científica Subantártica

6.4 ÁMBITOS DE ACCIÓN Y ACCIONES ESPECÍFICAS

Lograr cada uno de los objetivos estratégicos propuestos requerirá implementar un policy mix diverso. A continuación se presenta más en detalle la serie de ámbitos de acción destinados a generar los cambios deseados (objetivos estratégicos), así como una serie de sugerencias preliminares de acciones específicas que se podrían implementar dentro de cada uno de estos ámbitos. Cabe señalar que la interdependencia que existe entre algunos de los objetivos estratégicos hace que no se pueden ofrecer recomendaciones con acciones específicas en este momento. Por ejemplo, la decisión sobre qué tipo de infraestructura desarrollar en la RSAM dependerá del resultado de un proceso de toma de decisión colectiva vinculado con los objetivos relativos a la mejora de la gobernanza científica a nivel del laboratorio natural.

Tabla 4
Ámbitos de acción y acciones específicas de la estrategia de promoción del laboratorio natural en la RSAM

ÁMBITO DE ACCIÓN	ACCIONES ESPECÍFICAS	OBJETIVOS ESTRATÉGICOS ASOCIADOS
Mejorar la infraestructura científica en la región	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollo de redes de telecomunicaciones en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, destinadas al uso por parte de la comunidad científica · Desarrollar una red de estaciones de observación y medición en la RSAM · Desarrollar la oferta de infraestructura destinada a llevar a cabo trabajo de terreno en la RSAM · Vincular la infraestructura logística antártica con las actividades de investigación Subantártica 	1, 4
Internacionalización de la comunidad científica local	<ul style="list-style-type: none"> · Programas de becas de movilidad al extranjero para investigadores locales · Cooperación bilateral y multilateral científica con países extranjeros · Acuerdos de cooperación con agencias de investigación extranjeras · Convocatorias para proyectos de investigación con socios extranjeros · Desarrollo de convenios y cooperación institucional a largo plazo con centros de investigación extranjeros · Creación de una ventanilla de información sobre oportunidades de financiamiento científico en el extranjero · Simplificar los procesos administrativos requeridos para participar en proyectos colaborativos internacionales · Mejorar las capacidades de gestión de proyectos de investigación dentro de las entidades de investigación regionales 	1,3,4
Atracción y desarrollo de talento científico en la región	<ul style="list-style-type: none"> · Convocatorias para proyectos de investigación con socios extranjeros · Programas de becas de movilidad al extranjero para investigadores locales · Programas de becas de movilidad al extranjero para investigadores extranjeros · Cooperación bilateral y multilateral científica con países extranjeros · Acciones de divulgación científica pública 	1, 4
Desarrollo de organismos de gobernanza y gestión estratégica específicos del laboratorio natural	<ul style="list-style-type: none"> · Creación de una plataforma de gobernanza del 'laboratorio natural de la RSAM' que implique a sector, público, privado, sociedad civil e investigación · Adopción de una estrategia de colaboración entre los actores relevantes a nivel regional (por ejemplo Memorandum of Understanding) · Creación de un centro de investigación Subantártica · Desarrollo de mecanismos participativos de definición de orientaciones estratégicas de la ciencia local 	2, 7
Marketing y diplomacia del laboratorio natural en la RSAM	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollo de un política de 'open data' alrededor de la actividad científica regional · Crear una 'marca' alrededor del laboratorio natural en la RSAM (por ejemplo 'Chilean Sub-Antarctic: a one and only living lab') · Desarrollar una estrategia de diplomacia científica (por ejemplo participación en foros y conferencias, crear un sitio especializado en la difusión de información sobre la región destinado al uso de la comunidad científica internacional, llevar a cabo un 'lobby' ante grandes programas de investigación extranjeros) 	3, 4
Desarrollo de capacidades en gestión de conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> · Programas de educación destinados a formar 'gestores de conocimiento' y productores de contenido · Creación de puestos en gestión de conocimiento dentro de las instituciones científicas · Uso de indicadores relativos a la gestión de conocimiento en los procesos de evaluación de la investigación · Desarrollo de una organización responsable de la gestión de conocimiento científico sub-antártico (i.e. museo) 	3,5,7
Incentivos a la excelencia científica	<ul style="list-style-type: none"> · Uso de indicadores y criterios de excelencia científica en los métodos de evaluación y financiamiento de la investigación científica 	4
Mejora de marco regulatorio relativo a los incentivos y evaluación de la investigación, y publicación de conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> · Introducir indicadores y criterios de evaluación y financiamiento de la investigación vinculados con la difusión del conocimiento a la sociedad en general (por ejemplo tipos de publicaciones) · Introducir una política de 'open data' para la mayoría de resultados científico financiados por el sector público, que no sean susceptibles de implicar propiedad intelectual 	5

Serie Estudios

Política de valorización y transferencia tecnológica y desarrollo de spin-offs locales	<ul style="list-style-type: none">· Desarrollo de oficinas de transferencia de conocimiento y refuerzo de sus capacidades· Programa de apoyo a la creación de spin-offs en campos tecnológicos vinculados con la investigación antártica y Subantártica (por ejemplo logística)· Desarrollo de mecanismo de inteligencia tecnológica con el objetivo de identificar demandas tecnológicas relativas a la investigación antártica y Subantártica	6
Desarrollo de la innovación responsable y participativa	<ul style="list-style-type: none">· Programa de apoyo a la innovación responsable y participativa· Implicar a los gestores del territorio y a la sociedad civil en la definición de la agenda de investigación local· Desarrollo de un política de 'open data' alrededor de la actividad científica regional	6
Estrechar vínculos entre los actores de investigación antártica y los actores de investigación Subantártica	<ul style="list-style-type: none">· Convocatorias de investigación sobre temas de interés transversales· Participación de actores antárticos en la gobernanza del laboratorio natural en la RSAM· Integrar al medio sub-antártico al las estrategias de los actores de investigación antártica (INACH)	Transversal

Elaboración propia en base a análisis realizado.

7. Conclusión

El análisis generado en el marco de este estudio ha permitido aclarar interpretaciones y expectativas sobre lo que constituye un laboratorio natural, y de los efectos e impactos que el desarrollo de dichos laboratorios puede generar a nivel local e internacional. El paradigma original del laboratorio natural y de su rol como promotor de desarrollo socioeconómico ha sido detallado, modificado, pulido y hasta cierto punto, criticado. Si bien la existencia de características (geográficas, físicas, naturales o ambientales) únicas es un requisito indispensable para considerar a un territorio como un laboratorio natural, la presencia de una serie de actores y mecanismos de interacción entre ellos constituye un factor de similar relevancia. Dichos actores deben compartir una visión común del laboratorio natural y de su vocación, así como de la manera en que desean utilizar el conocimiento científico generado dentro de él. De dicha forma, el laboratorio científico representa no solamente un pilar para el desarrollo de una cultura científica de excelencia, sino también juega un papel primordial en la organización y puesta en marcha de una política de gestión del territorio integral y participativa.

El estudio ha puesto en evidencia la existencia de una serie de características ambientales, geográficas y naturales —así como una serie de fenómenos asociados— que hacen de la Región Subantártica en Magallanes un lugar único en el mundo. Dicha singularidad se puede apreciar en un sinnúmero de atributos particularmente distintivos de dicho territorio.

El valor científico de dichas características es apreciado por la comunidad científica local así como por la comunidad científica internacional. Se han identificado varias señales del potencial que tiene la región para atraer el interés de la comunidad científica internacional. En primer lugar, el análisis bibliométrico de la producción científica local ha demostrado que la investigación vinculada con las características naturales, geográficas y ambientales de la región tiende a ser de mayor carácter colaborativo que la investigación regional en general. En segundo lugar, el análisis bibliométrico también ha demostrado que hay un interés creciente por parte de la comunidad científica internacional por el estudio de la Región Subantártica (mundial), así como por las principales características y fenómenos tradicionalmente vinculados con la RSAM. En tercer lugar, los investigadores independientes consultados en el marco de este estudio han sido unánimes con respecto al valor científico que posee la RSAM. En particular, la Región parece ofrecer oportunidades únicas para mejorar nuestro entendimiento de las causas y consecuencias, así como de los remedios potenciales, del cambio global.

Si bien el estudio de dichas características se vinculan tradicionalmente con disciplinas científicas en el ámbito biológico y geológico, el estudio de los fenómenos que existen en la región requieren adoptar un enfoque pluri-disciplinario. Por dicha razón, el desarrollo de la actividad científica en la RSAM requerirá fomentar una cultura de investigación colaborativa y pluri-disciplinaria entre diferentes ámbitos científicos. Dicha tendencia hacia la pluri-disciplinarietà también se ha observado en los programas de investigación internacionales analizados en el marco del estudio.

A partir del modelo de impactos de laboratorios naturales desarrollado, se ha constatado que la promoción de un laboratorio natural puede generar impactos no solamente en términos de actividades comerciales y económicas, sino también en términos de desarrollo de capacidades de una serie de actores socio-económicos del territorio (p.e.

recursos humanos calificados). Sin embargo, dado el carácter principalmente fundamental de la investigación llevada a cabo en la RSAM, se considera que el impacto de una política de promoción del laboratorio natural en términos de innovación tecnológica sería limitado en el corto y mediano plazo. Además, la baja intensidad tecnológica del tejido económico regional indica que la mayoría de los derrames tecnológicos y a fuerte valor agregado vinculados con una inversión en favor de la ciencia local, se llevarían a cabo fuera de la Región. En el corto plazo el impacto económico de un laboratorio natural –desde la perspectiva de la actividad científica– estará definido por los recursos que gasten en la Región las expediciones científicas que no son de la Región y por recursos económicos que se inyecten a las entidades que realicen investigación científica local.

La visión del sistema de innovación desarrollado en el marco del estudio se enfoca principalmente en el fomento de la ‘innovación territorial’, más que en el fomento de la ‘innovación de mercado’. Las especificidades de dicho sistema se pueden visualizar al compararlo con sistemas de innovación más tradicionales, como por ejemplo, las agrupaciones empresariales (clústeres). En particular, el sistema de innovación en el marco de un laboratorio natural se distingue del sistema de innovación de clúster empresarial dado que conduce principalmente a innovaciones para los territorios, es decir, desarrollo de nuevas formas y procesos de organización y gestión de un territorio y su población, con miras a alcanzar un desarrollo sostenible. De dicha manera, el campo de aplicación de este tipo de innovaciones tiende a ser más amplio: la esfera pública (proceso de toma de decisiones, regulación territorial), la sociedad civil (nuevas prácticas sociales, desarrollo de capacidades humanas e institucionales), etc. La motivación de participación de los sectores productivos privados de la región (p.e. acuicultura) dentro de dicho sistema, no es el desarrollo de innovaciones de mercado que generarán un aumento en sus actividades comerciales. Más bien dichos actores participan con la intención de preservar el territorio y su patrimonio natural que es la fuente de todos los recursos e insumos de sus procesos productivos.

Bajo dicho esquema, el término ‘encadenamiento científico’ adquiere también una connotación particular. El modelo de encadenamiento científico relevante en el contexto de la Región Sub-Antártica en Magallanes está enfocado en la transmisión de conocimiento notecnológico. El usuario de dicho conocimiento es aquel que, por una razón u otra, busca fortalecer el desarrollo y la protección del territorio y de su patrimonio. Por lo tanto, el factor que garantizará la transmisión y uso del conocimiento generado es la manera en que se empaqueta, presenta y difunde dicho conocimiento. Los mecanismos de comercialización tecnológica y de propiedad intelectual, y los actores asociados, son menos relevantes. Dicho de otra manera, bajo este esquema el especialista en gestión de propiedad intelectual le cede el lugar al especialista en gestión del conocimiento.

El desarrollo de un sistema de innovación territorial en torno al laboratorio natural subantártico de la Región de Magallanes representa una oportunidad única para mejorar el conocimiento de nuestra sociedad en torno a algunos de los principales retos globales contemporáneos. Adicionalmente, el desarrollo del laboratorio natural posee el potencial de generar una serie de impactos positivos para el territorio y su entorno inmediato. Los encadenamientos que se podrían generar a partir del conocimiento generado por medio del estudio científico de la región pueden beneficiar no solamente a los sectores productivos de la región, pero también pueden fomentar el desarrollo de procesos de toma de decisiones, planeación y gestión territorial más sustentables. También representa una oportunidad para estrechar vínculos entre la ciencia, la sociedad civil, los actores gubernamentales y el sector privado, alrededor de una visión común territorial.

El fomento al desarrollo de un laboratorio natural subantártico también representa una oportunidad para posicionar a Chile como un líder en la escena internacional, en el marco de los debates contemporáneos de mayor importancia. Por ejemplo, el conocimiento generado en el país, y más específicamente en el laboratorio natural subantártico, con respecto al cambio global, puede contribuir a enriquecimiento y el progreso de las negociaciones actuales entorno a dicho fenómeno.

Por lo tanto, la evidencia colectada en el marco del presente estudio indica que existen elementos suficientes para continuar la reflexión en torno al desarrollo de una política activa de promoción del territorio subantártico chileno como laboratorio natural de excelencia internacional. Las acciones específicas de dicha política, así como la estrategia necesaria para implementarla aún deben de ser definidas y adoptadas por los actores relevantes a nivel local, regional y nacional. El éxito de dicha política dependerá en gran parte de la capacidad del territorio mismo y de sus principales 'fuerzas vivas' a adoptar el proyecto y su visión, y comprometerse con su desarrollo. El Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID), en su rol de identificador y formulador de políticas y planes que fomenten las capacidades científicas y tecnológicas del país, jugará un papel fundamental en la difusión y comunicación de la relevancia e importancia de dicha visión para las regiones y el país.

Bibliografía

- Aguilera J.M (2013) *Laboratorios naturales para una ciencia de clase mundial*. En "Surfeando hacia el futuro. Orientaciones estratégicas para la innovación Chile en el horizonte 2025". Consejo Nacional de Innovación para la competitividad, Gobierno de Chile, Santiago, Chile.
- Anderies, J.M., M.A. Janssen, E. Ostrom (2004). *Framework to Analyze the Robustness of Social Ecological Systems from an Institutional Perspective*. Tenth Biennial Conference of the International Association for the Study of Common Property.
- Arnold, E. and B. Thuriaux (2001). *Contribution of basic research to the Irish innovation system*. Science and Public Policy 28(2): 8698.
- Arroyo, M.T.K., Cavieres, L. Peñaloza, A., Riveros, M. & Faggi, A.M. (1996) *Relaciones fitogeográficas y patrones regionales de riqueza de especies en la flora del bosque lluvioso templado de Sudamérica*. En: Armesto J.J., Villagrán C., Kalin Arroyo M., eds. pp. 7192 Ecología de los Bosques Nativos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Banco Central de Chile (2014) *Series estadísticas: cuentas nacionales*. Banco Central de Chile.
- Barker, P.F. and Thomas, E. (2004) *Origin, signature and palaeoclimatic influence of the Antarctic Circumpolar Current*. Earth Science Reviews, 66: 143162.
- BCN (2014) Ley 19.275: *Destina recursos que indica para el Fondo de Desarrollo de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Disponible en: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30642>
- BCN (2014) Ley 20.219: *Destina recursos para el Fondo de Desarrollo de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena y modifica otros cuerpos legales que indica*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Disponible en: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=265227>
- Benavente, J.M. (2014) *Laboratorios naturales* En Columnas de Opinión Sitio Web Universidad Adolfo Ibáñez. Disponible en: <http://www.uai.cl/columnasdeopinion/laboratoriosnaturales>
- Bensted-Smith, R., editor. (2002). *A biodiversity vision for the Galapagos Islands*. Charles Darwin Foundation & World Wildlife Fund, Galapagos, Ecuador
- Bryant, D., Nielsen, D. & Tangle, L. (1997). *The Last Frontier Forests: Ecosystems and Economies on the Edge*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Cairns, L. (2014). *Antarctic office planned for Christchurch*. Disponible en: <http://www.stuff.co.nz/national/10600222/AntarcticofficeplannedforChristchurch>.
- Cameron Partners (2013). *Nuevos negocios y spinoffs a partir de la astroingeniería*, Estudio realizado para la División de Innovación, Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo del Gobierno de Chile, Santiago.
- CDC, Canterbury Development Corporation (2014), *Christchurch Economic Development Strategy 2014*. Disponible en: <http://www.cdc.org.nz/wpcontent/uploads/2014/05/CEDS2014.pdf>.

- Chaigneau, A. and Pizarro, O. (2005) *Surface circulation and fronts of the South Pacific Ocean, east of 120° W*. Geophysical Research Letters, 32, L08605, doi:10.1029/2004GL022070.
- Christchurch City Council (2013). Disponible en: <http://www.ccc.govt.nz/thecouncil/sistercities/antarcticrelations.aspx>
- Christchurch City Council (2013a), Three Year Plan 20132016. Disponible en: <http://resources.ccc.govt.nz/files/TheCouncil/policiesreportsstrategies/ltccp/typ2013/ACMPTY201316CivicAndInternationalRelations.pdf>
- Christchurch City Council (2014), *Scene Setting: the role of Antarctica for Christchurch and history of the linkage, Discurso de la Alcaldesa*. Disponible en: <http://resources.ccc.govt.nz/files/TheCouncil/mayor/2014/1October2014AntarcticaOpening.pdf>
- CNE (2014) *Operación real por sistema eléctrico nacional: periodo 1998 al 2013*. Comisión Nacional de Energía. Gobierno de Chile.
- CNED (2014) *Base de datos: Instituciones de Educación Superior*. Consejo Nacional de Educación, Ministerio de Educación, Gobierno de Chile.
- CNIC (2007) *Hacia una estrategia nacional de innovación para la competitividad. Vol II* Consejo Nacional de Innovación para la competitividad. Santiago, Chile.
- CNIC (2010) *Agenda de Innovación y Competitividad 2010-2020*. Consejo Nacional de Innovación para la competitividad. Santiago, Chile.
- Comisión Europea (2009), European Research Framework Programme, Research on Climate Change, Dirección General de Investigación y Dirección General del Medio Ambiente. Disponible en: https://europa.eu/sinapse/sinapse/index.cfm?fuseaction=tools.attachment&CMTY_ID=0C46BEECC6899F8054C7DD45358D29FB&CMTY_CAL_ID=3655713COAD3A647212F2B2B70482CE3&file=cop15.pdf&filename=cop15.pdf&type=CMTY_CAL
- Comisión Europea (2009a), Climate change research & innovation in the Horizon 2020 programme, presentación de Serena Pontoglio, Disponible en : https://unfccc.int/files/science/workstreams/research/application/pdf/11_pontoglio_rd_sbsta_40.pdf
- Conicyt (2010) *Región de Magallanes y Antártica Chilena, Diagnostico de las capacidades y oportunidades de desarrollo de la ciencia, tecnología y la innovación*. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. Santiago, Chile.
- Conicyt (2014) *Principales indicadores cuantitativos de la actividad científica chilena 2012. Informe 2014: una mirada a 10 años*. Programa de Información Científica, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. Valparaíso, Chile.
- Cook, B, J. Fretter, S. Muir, W. Parsons and L. Woudberg (2003). *What motivates New Zealand's involvement in the Antarctic?* GCAS 2003 Syndicate Report.
- Deloitte Access Economics (2013). *Economic contribution of the Great Barrier Reef*, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville.

- Domínguez (2013) *Inia Kampenaike y Conaf Magallanes trabajan para proponer turberas de la Reserva Nacional Laguna Parrillar como sitio Ramsar. Entrevista en Radio Magallanes*. Disponible en http://www.radiomagallanes.cl/noticia.php?id_not=44164
- DPNG (2014). *Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir*. Dirección del Parque Nacional Galápagos. Puerto Ayora, Galápagos.
- Drucker, P. (1969). *The Age of Discontinuity: Guidelines to Our Changing Society*. Harper & Row, New York.
- Dudeney, J.R. and D.W.H. Walton (2012). *Leadership in politics and science within the Antarctic Treaty*. *Polar Re-search*, 31, 19.
- DWD (2014) Monitoreo climático global. Disponible en www.dwd.de. Consultado el 10 de diciembre.
- Explora (2013) *Presidente de Conicyt invita a jóvenes a descubrir "laboratorios naturales"*. En sección Noticias, Programa Nacional de Divulgación y Valoración de la Ciencia y la Tecnología, Sitio Web Explora. Disponible en <http://www.conicyt.cl/explora/2013/07/19/presidentedeconicytinvitaajovenesadescubrir%E2%80%99Claboratoriosnaturales%E2%80%9D/>
- Explora Magallanes (2014) *Presentan investigación sobre turberas en Congreso de Sociedad Agronómica de Chile*. Sitio web Explora Proyecto Asociativo Regional (PAR) Magallanes. Disponible en <http://www.explora.cl/magallanes/noticiasmagallanes/3278turberasencongresodesociedadagronicadechile>
- Fabian, A. (2010). *The impact of astronomy*. *Astronomy & Geophysics*. 51(3): 25-30.
- Fabry et al, (2009) *Ocean Acidification at High Latitudes: The Bellwether*. *Oceanography* 22(4):160-171.
- GBRMPA, Great Barrier Reef Marine Park Authority, (2014), *Great Barrier Reef Outlook Report 2014*, GBRMPA, Townsville.
- GonzálezWevar, C.A., Nakano, T. Cañete, J.I., Poulin, E. (2011). *Concerted genetic, morphological and ecological diversification in Nacella limpets in the Magellanic Province*. *Molecular Ecology*, 20: 1936-1951
- GuyotTéphany J. C. Grenier, E. Cléder, Ey D. Orellana. (2013). *Uso del espacio y patrones de movilidad en Galápagos*. Pp. 5258. En: Informe Galápagos 2011-2012. DPNG, GCREG, FCD y GC. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- Ho, T. Mason, J. Taylor, S. Tibble, P. (2007). *Funding for Scientific Research in the Antarctic: How can we best achieve value for money?*, GCAS Class 2006-2007, Department of Antarctic Studies and Research, University of Canterbury.
- IDER (2012) *Estrategia Regional de Desarrollo de Magallanes y Antártica Chilena 2012-2020*. Estudio encargado al Instituto de Desarrollo Local y Regional (IDER) de la Universidad de La Frontera para el Gobierno Regional Región de Magallanes y Antártica Chilena.
- IGM (2014) *Descargas gratuitas*. Instituto Geográfico Militar.

- INACH (2012) *Magallanes será sede de la paleontología nacional*. Noticias Sitio Web Instituto Antártico Chileno (INACH). Disponible en <http://www.inach.cl/2012/magallanesserasededelapaleontologianacional/>
- INACH (2014) Plataformas. Instituto Antártico Chileno, Ministerio de Relaciones Exteriores, Gobierno de Chile. Disponible en: <http://www.inach.cl/proyectos/plataformas/>. Consultado el 10 de diciembre.
- INE (2014) *Superficie de uso de la tierra por tipo de uso, Región de Magallanes y Antártica Chilena, 2004-2011*. Informe Anual, Estadísticas de Medio Ambiente. Instituto Nacional de Estadísticas, Gobierno de Chile.
- Infyde (2010) *Política regional de ciencia, tecnología e innovación de la Región de Magallanes y la Antártica chilena 2010-2020*. Gobierno Regional de Magallanes y la Antártica Chilena Comisión Nacional de Investigación científica y tecnológica (Conicyt)
- Intendencia de Magallanes (2014) *Desarrollo científico, conectividad y turismo son los ejes del plan especial de desarrollo para zonas extremas en la Región de Magallanes y la Antártica chilena*. Sección Noticias. Sitio web Intendencia de Magallanes. Disponible en http://www.intendenciamagallanes.gov.cl/n882_17062014.html
- Jacobs Group (Australia) (2014). *Institutional and legal mechanisms that provide coordinated planning, protection and management of the Great Barrier Reef World Heritage Area*. Independent Review, Department of Environment, Australia.
- Keddy, P.A., Fraser, L.H., Solomeshch, A.I., Junk, W.J., Campbell, D.R. Arroyo, M.T.K. & Alho, C.J.R. (2009). *Wet and wonderful: The world's largest wetlands are conservation priorities*. *Bioscience*, 59: 3951
- King, C, and D.A. Pendlebury (2013). *Research Fronts, 100 Top Ranked Specialties in the Sciences and Social Sciences*. Web of Knowledge, Thomson Reuters. Disponible en: <http://sciencewatch.com/sites/sw/files/swarticle/media/researchfronts2013.pdf>
- Kline, S.J. y N. Rosenberg (1986). *An overview of innovation*. In R. Landau & N. Rosenberg (eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Lauvset SK & Gruber N (2014) *Longterm trends in surface ocean pH in the North Atlantic*. *Marine Chemistry* 162: 7176. doi: 10.1016/j.marchem.2014.03.009.
- Machlup, F. (1962). *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*, Princeton University Press, Princeton.
- Mansilla, A., Ojeda, J. & Rozzi, R. (2012). *Cambio climático global en el contexto de la ecorRSAM y la reserva de biósfera Cabo de Hornos*. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 40(1), 6976. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718686X2012000100008&lng=es&tlng=es.10.4067/S0718686X2012000100008.
- Mineduc (2014) *Alumnos matriculados en la educación superior, según edad, sexo y centro de educación superior, Región de Magallanes y Antártica*. Servicio de Información de Educación Superior (SIES), División de Educación Superior, Ministerio de Educación, Gobierno de Chile. o

- MinRel (2011) *Acuerdo de hermanamiento de parques entre el Área marina y costera protegida Francisco Coloane Ministerio del Medio Ambiente República de Chile y Glacier Bay National Park and Preserve Servicio Nacional de Parques Ministerio del Interior de los Estados Unidos de América*. Ministerio de Relaciones Exteriores (MinRel) Gobierno de Chile. Disponible en http://www.minrel.gov.cl/minrel/site/artic/20110318/asocfile/20110318115622/20110318104440777_2_.pdf
- Mittermeier R., Mittermeier C., RoblesGil, P., Pilgrim J., Fonseca G., Brooks, K. & Konstant, J (2002) *Wilderness: Earth's last wild places*. Conservation International, Washington, District of Columbia, USA.
- MolasGallart, J., A. Salter, P. Patel, A. Scott and X. Duran (2002). *Measuring third stream activities. Final report to the Russell Group of Universities*. SPRU, University of Sussex, Sussex.
- National Science Challenges (2014). *The Deep South Challenge*. Disponible en: <http://deepsouthchallenge.co.nz/sites/default/files/Deep%20South%20NSC%20%28Final%2019%20Dec%202014%29.pdf#overlaycontext=thechallenge>.
- NONIE (2009). *Impact evaluation and development*. NONIE Guidance on Impact Evaluations. Washington, DC.
- NZARI (2013). *5year focus for Antarctic, Southern Ocean and Subantarctic Research (2013-2018)*. Disponible en: <http://nzari.aq/>
- OCDE (2002). *Glosario de los principales terminus sobre evaluación y gestión basada en resultados*, Paris.
- OECD (2013) *Estudios económicos de la OCDE. Chile. Visión general*. Disponible en <http://www.oecd.org/eco/surveys/Overview%20Chile%20spanish.pdf>
- Ospina, P. (2005). El estudio de la sociedad galapagueña: una bibliografía comentada (19882004). *Revista Quitumbe 13*. Revista de los Estudiantes de la Escuela de Ciencias Históricas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 5593.
- PCBS (2014) *Proponen a EcorRSAM como segundo laboratorio natural de Chile después de Atacama*. En Blog del Programa de Conservación Biocultural Subantártica. Disponible en <https://materialperiodisticopcb.wordpress.com/2014/01/24/>
- PNG (2005). Plan de manejo del Parque Nacional Galápagos: un pacto por la conservación y desarrollo sustentable del archipiélago. Ministerio del Ambiente, Quito, Ecuador. [online] URL: http://www.galapagospark.org/archivos/PM_PNG_2005.pdf.
- ProChile (2013) *Exportaciones regionales 2012*. ProChile, Subdepartamento de Inteligencia Comercial, Gobierno de Chile.
- Rignot, E., Rivera, A. & Casassa, G. (2003). *Contribution of the Patagonia Icefelds of South America to Sea Level Rise*. Science, 302: 434-437
- Roldan (2011). *Analysing the infrastructure in Antarctic Gateway Cities*. University of Canterbury.
- Sarmiento, J.L., Gruber, N. Brzezinski, M. and Dunne, J. (2004) *High latitude controls of thermocline nutrients and low latitude biological productivity*. Nature, 426, 56-60, 2004.

- Sarmiento, J.L., Simeon, J., Gnanadesikan, A., Gruber, N., Key, R.M. and Schlitzer, R. (2007). *Deep ocean biogeochemistry of silicic acid and nitrate*. Global Biogeochemical Cycles 21: doi: 10.1029/2006GB002720. issn: 0886-6236.
- Saunders, C., P. Dalziel and P. Hayes (2007). *The Contribution of Antarctic-Related Activities to the Canterbury and New Zealand Economies*. Christchurch: Canterbury Development Corporation, April.
- Saunders, C., P. Dalziel, and M. Guenther (2013). *The contribution of Antarctic-related activities to the New Zealand economy*. AERU Research Reports. Lincoln University.
- Senescyt, Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (2012). *Indicadores de Ciencia y Tecnología. Periodo 2009-2011*. Gobierno de Ecuador, Quito.
- Senescyt, Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (2015). *Proyecto Prometeo*. Gobierno de Ecuador, Quito.
- Sernatur (2011) Plan para el desarrollo turístico de la Región de Magallanes y Antártica Chilena 2011-2014. Servicio Nacional de Turismo, Gobierno de Chile.
- Sernatur (2014), *Anuario Estadístico 2013*. Servicio Nacional de Turismo, Gobierno de Chile.
- Simkin, T., Reeder, W. y MacFarland, C. (Eds.). (1973). *Galápagos Science: 1972 Conference*. National Science Foundation, Smithsonian Institution, University of Wisconsin, Washington, USA
- Smith RB & Evans JP (2007) *Orographic precipitation and water vapor fractionation over the Southern Andes*. J. Hydromet., 8(1),3-19 (doi: 10.1175/JHM555.1)
- Statistics New Zealand, 2013 census. Disponible en: http://stats.govt.nz/Census/2013-census/profile-and-summary-reports/quickstats-about-a-place.aspx?request_value=14703&tabname=
- Steel (2008). *Christchurch: the leading Antarctic gateway city?* GCAS 2007/08.
- Tapia W., P. Ospina, D. Quiroga, J.A. González, C. Montes, (editores) (2009). *Ciencia para la sostenibilidad en Galápagos: el papel de la investigación científica y tecnológica en el pasado, presente y futuro del archipiélago*. Parque Nacional Galápagos. Universidad Andina Simón Bolívar, Universidad Autónoma de Madrid y Universidad San Francisco de Quito. Quito.
- Torres, T., Mourgues, A., Otero, R. y Rubilar, D. (2011) *La mayor expedición geológica-paleontológica de Chile en la Antártica*. En Boletín Antártico Chileno, Instituto Antártico Chileno, INACH. Vol 30. pp 41-43 Disponible en <http://www.inach.cl/wp-content/uploads/2012/03/BACH-30.pdf>
- Turney C., y Fogwill, C., (2014), *Antarctic researchers struggling to fund 'small science'*, Wired.co.uk, disponible en: <http://www.wired.co.uk/news/archive/2014-04/11/chris-turney-antarctic-small-science>
- UK Higher Education International Unit (2014) *The 'natural laboratory': Chile and the Newton-Picarte fund*. Disponible en <http://www.international.ac.uk/newsletters/international-focus/international-focus-105-latin-america/the-%27natural-laboratory%27-chile-and-the-newton-picarte-fund.aspx#sthash.dsoiUdsI.dpuf>.

- UMAG (2014) Laboratorio de Climatología. Universidad de Magallanes. Disponible en: http://www.umag.cl/climatologia/clima_magallanes.htm
- Unesco (2015). *Great Barrier Reef* World Heritage List. Recuperado de <http://whc.unesco.org/en/list/154/>
- University of Canterbury (2015). *The Postgraduate Certificate in Antarctic Studies*. Disponible en: <http://www.anta.canterbury.ac.nz/courses/gcas/>
- Valdenegro, A. y Silva, N. (2003) *Caracterización oceanográfica física y química de la zona de canales y fiordos australes de Chile entre el estrecho de Magallanes y cabo de Hornos (CIMAR 3 Fiordos)*. Ciencia y Tecnología del Mar, 26(2): 19-60. http://portal.unesco.org/culture/es/ev.phpURL_ID=32650&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- Valdés-Barrera et al. (2012) *Actas del taller: conocimiento y valoración de las turberas de la Patagonia: oportunidades y desafíos (24 - 25 de noviembre 2011, Punta Arenas)* En Anales Instituto Patagonia (Chile), 2012. 40(2):67-82 Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/ainpat/v40n2/art06.pdf>
- Villagran, C., Hazle, G. & Barrera, F. (2005). *Hepáticas y antocerotes del archipiélago de Chile*. Corporación de Amigos, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile, pp. 160.
- Villa-Martínez, R. & Moreno, P. (2007). *Pollen evidence for variations in the southern margin of the westerly winds in SW Patagonia over the last 12,600 years*. Quaternary Research 68: 400-409
- Wellington, G.M. (1976). *A prospectus: proposal for a Galápagos marine park*. Noticias de Galápagos 24: 9-13
- Whittaker, R. J. (1998). *The Human Impact on Island Ecosystems: The Lighthouse Keeper's Cat and Other Stories* in Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation pp.228-256. Oxford University Press
- Witze, A. (2013). *New Zealand Aims High with National Science Challenges*, en Nature. Disponible en: <http://www.nature.com/news/new-zealand-aims-high-with-national-science-challenges-1.13253>
- WWF (2014). <http://www.wwfca.org/?225111/por-el-aniversario-de-55-aos-la-dirección-del-parque-nacional-de-galpagos-presenta-el-nuevo-plan-de-manejo-de-las-reas-protégidas-de-galpagos-para-el-buen-vivir>.
- Zúñiga-Reinoso, A., Muñoz-Escobar, C. & Hernández, C. (2013). *Patrones y causas de estructuración geográfica latitudinal de los oribátidos (Acari: Oribatida) en Patagonia y Antártica*. Revista chilena de historia natural, 86(3), 279-290. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2013000300005&lng=es&tlng=es.10.4067/S0716-078X2013000300005.

Este documento fue editado, diseñado y corregido por el equipo de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo.

Santiago de Chile, noviembre de 2015

cnid | Consejo Nacional
de Innovación
para el Desarrollo