

Ciencia, Conocimiento, Tecnología e Innovación

Nuevos mapas para la diplomacia

Miguel Ángel González | Pedro Oyarce
(editores)



VOLUMEN I

CIENCIA, CONOCIMIENTO, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
NUEVOS MAPAS PARA LA DIPLOMACIA

Publicación de la Academia Diplomática de Chile “Andrés Bello”,
Ministerio de Relaciones Exteriores.

Primera edición, diciembre 2021.
Santiago, Chile.

Cita:

Rozzi, R. (2021). Laboratorio Natural Subantártico Cabo de Hornos: hacia una ética biocultural del co-habitar. En: González, M.A., Oyarce, P., editores, *Ciencia, Conocimiento, Tecnología e Innovación: Nuevos Mapas para la Diplomacia* (Vol. I). Santiago, Chile: Publicación de la Academia Diplomática de Chile “Andrés Bello”, Ministerio de Relaciones Exteriores, pp. 803-858

Parte 4

Laboratorios Naturales para el mundo

Laboratorio Natural Subantártico Cabo de Hornos hacia una ética biocultural del co-habitar

*Ricardo Rozzi**

I. ES URGENTE RECONECTAR A LA SOCIEDAD CON EL MUNDO NATURAL

Los Laboratorios Naturales de Chile ofrecen una oportunidad para promover una biocultura en el país y el mundo. Es decir, una cultura que reconecta a la sociedad global con la diversidad biológica y la diversidad cultural con que cohabitamos en aquellos territorios donde se establece un laboratorio natural. Esta diversidad biocultural es hoy, por lo general, invisible en los ámbitos de la diplomacia, la toma de decisiones, la educación y los conceptos de bienestar que prevalecen en nuestra sociedad. Los Laboratorios Naturales pueden contribuir a visibilizar la diversidad biocultural y así reconectarla con el mundo globalizado. Y la reconexión es urgente, porque una de las causas últimas de la actual crisis socio-ambiental deriva de las pérdidas de diversidad biocul-

* Biólogo, filósofo y doctor en Ecología. Profesor titular de las universidades de North Texas, EE.UU., y de Magallanes, Chile. Presidente de la Fundación Omora. Director e Investigador Principal del Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC).

tural que, junto con sus conocimientos y valores, ha quedado crecientemente excluida de la experiencia cotidiana.

Como señala el Embajador Pedro Oyarce en la introducción de este libro, estamos inmersos en “una civilización desarrollada a base de la tecnología, que transforma las estructuras sociales, institucionales y culturales, la economía y la manera de relacionarnos” (Oyarce, 2021). Con un enfoque biocultural, critico la ruptura de relaciones inter-humanas e inter-especies provocada por la civilización tecnológica, porque ha generado una nueva era geológica: el Antropoceno.

Para señalar el comienzo de esta era se han propuesto tres momentos contrastantes: i) el establecimiento y expansión de la agricultura hace unos 3000 años; ii) la Revolución Industrial de los siglos XVIII y XIX, y iii) la “Gran Aceleración” inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial (Lewis & Maslin, 2015; Zalasiewicz et al., 2015; Waters et al., 2016). Este último evento es particularmente relevante para los laboratorios naturales, puesto que es necesario transformar la explosiva producción de plástico, emisiones de carbono y otros gases de efecto invernadero, como también la acidificación de los océanos y diversos impactos ambientales que han sobrepasado los límites biofísicos del planeta (Rockström et al., 2009), degradando las condiciones de vida de muchas comunidades humanas (Rozzi, 2015; Moore, 2016).

Desde mediados del siglo XX, el impacto de los seres humanos sobre la biósfera ha escalado a tal punto que ha superado con creces la influencia de otras fuerzas naturales. Por consiguiente, en menos de 100 años hemos transitado precipitadamente desde una civilización moderna globalizada antropocéntrica hacia una civilización antropogénica. En consecuencia, no solo los humanos son el centro de interés

(antropocentrismo), sino que la sociedad global asume hoy un papel protagónico en la transformación del planeta Tierra (antropogénico).

El giro desde una civilización antropocéntrica hacia una antropogénica tiene implicaciones éticas que demandan repensar los hábitos de vida de la sociedad global, la que presenta una doble alienación de la diversidad biocultural. Por una parte, ha interpuesto barreras físicas que la distancian del contacto cotidiano con esta diversidad al concentrar la población en ciudades. Por otra, la sociedad global ha forjado barreras conceptuales que mediatizan las percepciones y experiencias con la diversidad biocultural al representarla mayoritariamente por medios digitales. Esta doble alienación de los hábitos de vida de la sociedad global respecto del devenir de la vida en la biósfera, genera una inconsciencia respecto de sus enormes impactos sobre la vida de otros seres.

Desde el inicio de la Gran Aceleración, la civilización antropogénica ha generado procesos de degradación de ecosistemas y extinción de un número creciente de especies biológicas (McNeill & Engelke, 2016). Concomitantemente, pueblos y culturas locales han sido desplazados de sus hábitats originales, sustituyendo tanto los hábitos de vida como las relaciones de cohabitación, imposibles de mantener en los nuevos espacios urbanos de otras regiones o países (Rozzi 2012). Por consiguiente, el tránsito desde una civilización antropocéntrica hacia una antropogénica causa procesos de supresión de la diversidad biocultural que conllevan injusticias socio-ambientales que requieren ser subsanadas.

La constatación de una civilización antropogénica nos exige evaluar éticamente los impactos que la cultura global tiene sobre la vida de los humanos y otros seres vivos, y la integri-

dad de los ecosistemas. Para explorar cómo los Laboratorios Naturales pueden ayudar a la sociedad global a informarse acerca de la diversidad biocultural en los territorios y a abordar este imperativo ético, reconectándose con el mundo natural, en este capítulo indagaremos cinco tesis.

Primero, para asumir la tarea de reconectar a la sociedad global con el mundo natural y contribuir a la comprensión de causas directas (o próximas) e indirectas (o últimas) del cambio global, los Laboratorios Naturales requieren forjar tanto i) instrumentos o “lentes tecnológicos y científicos”, como ii) marcos conceptuales o “lentes filosóficos”. Esta combinación de lentes físicos y conceptuales posibilitará investigar y monitorear sistemas bioculturales y, a la vez, orientar a los investigadores hacia formas de cohabitar cuidadosas con la diversidad biocultural y que, al mismo tiempo, favorezcan el bienestar de los observadores y de aquellos seres observados (humanos y otros seres).

Segundo, los Laboratorios Naturales pueden ayudar de forma inmejorable a observar *in situ* la diversidad biológica y la diversidad cultural, conocer sus interrelaciones y así valorar la naturaleza en su complejidad biocultural. Esta observación y comprensión científica estimula transformaciones ontológicas y epistemológicas en las formas de comprender el mundo natural, que estimulan a su vez transformaciones éticas que atiendan al principio de responsabilidad ética (*sensu* Jonas, 1984), extendiéndolo más allá del ámbito puramente humano (véase Recuadro 1). Para orientar la práctica del principio de responsabilidad, propongo el marco conceptual de las “3H” de la ética biocultural (*sensu* Rozzi, 2012) aplicado a los Laboratorios Naturales.

Tercero, el marco conceptual de las “3H” de la ética biocultural provee un modelo heurístico que ha orientado la identificación de atributos biofísicos, lingüístico-culturales e institucionales singulares del extremo sudoeste de Chile. Hasta fines del siglo XX, la singular biodiversidad subantártica de esta región geográfica había permanecido invisible para la ciencia y la administración del territorio. En el siglo XXI, el descubrimiento de estos atributos ha contribuido a identificar y caracterizar una nueva ecorregión para Chile y el mundo: la ecorregión subantártica de Magallanes. Hoy este Laboratorio Natural es reconocido como único a nivel planetario por dos razones principales: i) su enfoque biocultural podría ser adaptado en otros Laboratorios Naturales, y ii) aporta información científica, metodologías educativas y prácticas de conservación que contribuyen a proteger uno de los lugares que ha sido menos impactado por la civilización antropogénica: el Cabo de Hornos.

Cuarto, el concepto de Laboratorio Natural ha sido aplicado en dos archipiélagos icónicos de Sudamérica: Galápagos y Cabo de Hornos. En estos territorios el concepto del Laboratorio Natural fue forjado y elaborado a inicios de los siglos XX y XXI, respectivamente. Los resultados, conflictos y desafíos en estos dos Laboratorios Naturales archipelágicos, pueden aportar antecedentes, conceptos y experiencias históricas relevantes para la implementación de la política nacional de Laboratorios Naturales recientemente establecida en Chile. En particular, estos casos arraigados en archipiélagos remotos pueden sugerir nuevas oportunidades para las ciencias, la educación, la conservación biocultural y la diplomacia.

Quinto, identifico como atributos esenciales de los Laboratorios Naturales el que pueden contribuir a implementar algunas oportunidades para las comunidades, el país y la

comunidad internacional. Estos atributos son especialmente relevantes para las zonas extremas de Chile. Por ejemplo, han contribuido a consolidar al Desierto de Atacama, con sus cielos claros y observatorios astronómicos como un Laboratorio Natural líder internacional para la exploración del macrocosmos. Complementariamente, en Cabo de Hornos, en el extremo austral del continente americano, Chile asume un liderazgo en la ciencia mundial con un Laboratorio Natural subantártico para explorar los microcosmos. Estos microcosmos, formados por miríadas de pequeños organismos (tales como bacterias, microalgas, musgos, líquenes e insectos) y ecosistemas, han quedado habitualmente invisibilizados en el imaginario cultural y la valoración ética, pero cumplen un papel fundamental en la sustentabilidad de la vida planetaria.

II.- LOS LABORATORIOS NATURALES PUEDEN RECONECTAR A LA SOCIEDAD CON LA DIVERSIDAD BIOCULTURAL

Los Laboratorios Naturales pueden hacer una contribución fundamental para visualizar y valorar la gran diversidad de formas de vida y singularidades de cada territorio. Así, pueden contribuir a repensar y, eventualmente, reorientar los hábitos de vida de la sociedad global. Los Laboratorios Naturales tienen un alto potencial para facilitar la visualización de la gran diversidad de formas de vida, de culturas y de sus interrelaciones. Ello requiere enfoques participativos y transdisciplinarios que integren programas científicos y tecnológicos con programas artísticos, de humanidades y filosofía. Esta integración permite que los Laboratorios Naturales puedan guiar programas educativos y el imaginario cultural hacia una mayor comprensión de los valores ecológicos, económicos, estéticos y éticos de esta diversidad biocultural. De esta manera, los Laboratorios Naturales pueden contribuir a resituar a la sociedad global con un conocimiento y apreciación de su lugar en la biósfera,

y orientarla hacia hábitos de vida que cuiden y conserven la delicada y valiosa diversidad biocultural.

Para de-construir las barreras entre la sociedad y la diversidad biológica y cultural, y re-construir una comprensión y valoración de los vínculos vitales entre estas diversidades y el bienestar de la sociedad, he propuesto el marco conceptual de las “3 Hs” de la ética biocultural (Rozzi, 2012). Con un enfoque sistémico y contextual, el modelo de las “3 Hs” valora los vínculos vitales entre los co-Habitantes, sus Hábitos de vida y los Hábitats compartidos (Figura 1 en Recuadro 1). Y es en estos hábitats compartidos donde se desenvuelve el trabajo de los Laboratorios Naturales.

Recuadro 1: El “lente de las 3H” de la ética biocultural aplicado a los Laboratorios Naturales

Los Laboratorios Naturales pueden ayudar de forma inmejorable a la sociedad global a reconectarse con el mundo natural. Ello, con el fin de observar *in situ* la diversidad biológica y la diversidad cultural, conocer sus interrelaciones y así valorar la naturaleza en su totalidad y complejidad. Para confrontar el cambio climático, y más ampliamente el cambio socio-ambiental global, necesitamos monitorear y estudiar fenómenos globales conjuntamente con la heterogeneidad biocultural regional.

Los Laboratorios Naturales pueden asumir de manera idónea esta tarea. Para ello deben forjarse tanto instrumentos y “lentes tecnológicos y científicos”, como herramientas conceptuales y “lentes filosóficos”. Esta combinación de lentes físicos y conceptuales posibilitará investigar y monitorear sistemas bioculturales y, a la vez, orientar a los investigadores hacia formas de cohabitar cuidadosas con la diversidad biocultural y que favorezcan el bienestar de los observadores y de aquellos seres observados (humanos y otros seres). En esta misión, la filosofía ambiental y la ética desempeñan un papel tan relevante como aquel que juegan la ingeniería y las ciencias ambientales.

Para la mejor integración de formas locales y globales de conocimiento ecológico y para promover una ética biocultural que asuma que cohabitamos en un planeta bioculturalmente diverso, la obra del embajador Gabriel Rodríguez García-Huidobro abre caminos promisorios. Bajo su liderazgo, la Dirección de Energía, Ciencia y Tecnología e Innovación (DECYTI) del Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, incorporó la temática de Laboratorios Naturales para fortalecer relaciones bilaterales y multilaterales y forjar acuerdos con instituciones extranjeras, con el fin de potenciar el trabajo científico nacional. Al mismo tiempo y en este volumen, el embajador Rodríguez (2021) plantea la necesidad de atender al principio de responsabilidad del filósofo alemán Hans Jonas. Coincido en esta necesidad y sostengo que los laboratorios naturales ofrecen una plataforma innovadora para practicar el principio de responsabilidad, extendiéndolo más allá del ámbito puramente humano, y de esta manera confrontar el cambio socio-ambiental global. Para poner en práctica el principio de responsabilidad en los Laboratorios Naturales, en este recuadro introduzco concisamente el marco conceptual de las “3H” (Hábitats, Hábitos, co-Habitantes) de la ética biocultural (Figura 1).

Para un Laboratorio Natural, el marco conceptual de la ética biocultural ofrece una aproximación sistémica y contextual que sitúa el quehacer de la ciencia, el conocimiento, la tecnología y la innovación en un hábitat específico (territorio). Por consiguiente, en cada laboratorio natural cohabitan múltiples cohabitantes con hábitos de vida singulares e interrelacionados. El valor heurístico del “lente filosófico” de las “3H” es que contribuye a visualizar, comprender y valorar las interdependencias entre las vidas de diversos cohabitantes (humanos y otros-que-humanos). La comprensión y valoración de estas interdependencias debiera orientar la toma de decisiones y generar una mayor conciencia sobre las consecuencias que tienen las acciones decididas, tanto para la vida propia y el bienestar individual como para el bienestar comunitario. Esta conciencia de cohabitar en comunidades de cohabitantes introduce, por tanto, una comprensión que trasciende el plano puramente descriptivo, puesto que implica asumir una responsabilidad ética individual y colectiva en el trabajo desarrollado en los Laboratorios Naturales.

En su libro *El Principio de Responsabilidad*, Jonas (1979) introdujo una nueva ética para la era de la tecnología, incluyendo las amenazas que conlleva para la vida humana y para la biosfera toda. Jonas hizo un llamado a la responsabilidad en aras de las generaciones futuras y del mundo de la vida en general (Pommier, 2019) con el imperativo: “*Actúa de manera tal que los efectos de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida humana genuina en la Tierra*”.

La filósofa francesa Catherine Larrère (2019) ha propuesto dos interpretaciones complementarias para esta máxima de Jonas. Primero, la interpretación bajo el paradigma del desarrollo sostenible, que considera no solo las necesidades, sino también los derechos de las generaciones futuras. Segundo, la interpretación bajo el concepto del Antropoceno y la necesidad de una transición ecológica que exige a la sociedad dar un sentido a la vida humana genuina en la Tierra. Esta segunda interpretación demanda reconectar a los seres humanos con la Tierra y con otros seres vivos, en lugar de oponerse a ellos.

El enfoque de las 3H de la ética biocultural ofrece un marco heurístico para realizar la reconexión demandada por el imperativo de Jonas. Incorpora, además, un modo que trasciende al antropocentrismo y al eurocentrismo, puesto que pone su foco en el respeto por la diversidad biocultural que sostiene la vida en el planeta Tierra. Los Laboratorios Naturales permiten conocer y valorar la diversidad biológica, la diversidad cultural y sus interrelaciones en territorios singulares. El enfoque biocultural contribuye a viabilizar el cumplimiento, al menos parcial, del principio de responsabilidad en los investigadores tanto a nivel individual como de comunidades científicas nacionales e internacionales. Para la diplomacia científica, el lente de las 3H podría orientar un marco jurídico efectivo que permita llegar a acuerdos internacionales e interinstitucionales, para desarrollar investigaciones que encaucen formas de cohabitar cuidadosas. De esta forma, en los Laboratorios Naturales de Chile se podría asumir el principio de responsabilidad con una ética biocultural que considera las necesidades y los derechos,

tanto las generaciones humanas presentes y futuras como de las diversas comunidades de vida que cohabitan nuestro planeta.

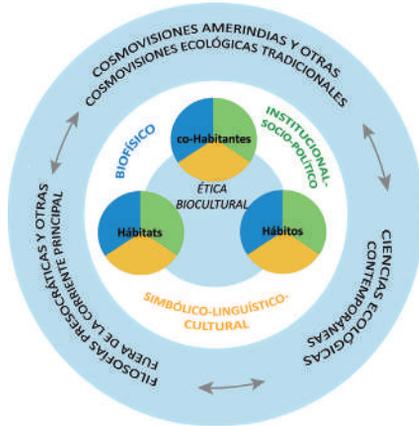


Figura 1

Representación de las “3Hs” de la ética biocultural que valora los vínculos vitales entre hábitats específicos y sus cohabitantes con sus hábitos de vida. Los colores en cada círculo, ilustran que cada una de las “3H” incluye dimensiones biofísicas (azul), dimensiones simbólico-lingüístico-culturales (amarillo) y dimensiones institucionales-socio-políticas, infraestructurales-tecnológicas (verde). En el caso de los

hábitats: (i) las dimensiones biofísicas abarcan desde los ecosistemas locales hasta la biósfera planetaria (sensu Vladimir Vernadsky. Ver Huggett, 1999), y con un enfoque biogeoquímico se integran también las interrelaciones entre la biósfera, la atmósfera, la geósfera y la criósfera (Schlesinger y Bernhardt, 2013); (ii) las dimensiones culturales y simbólico-lingüísticas abarcan desde las lenguas vernáculas hasta la logósfera global (sensu Michael Krauss, 2007), y con un enfoque ecolingüístico se integran las interrelaciones entre los lenguajes y los ambientes biofísicos (Haugen, 1972; Fill y Mühlhauser, 2001; Mühlhauser, 2003; Bang et al., 2007; Bang y Trampe, 2014); (iii) las dimensiones sociopolíticas, institucionales y técnicas abarcan desde las instituciones locales hasta la tecnósfera global (sensu Naveh y Lieberman, 1990), y con un enfoque socio-ecológico se integran tanto la infraestructura física (i.e., carreteras, suministro de agua, alcantarillado o redes eléctricas) como la organizativa (i.e., instituciones y políticas). El color verde (una mezcla de azul y amarillo) de esta última dimensión fue elegido para indicar la necesidad de combinar cuidadosamente las dimensiones biofísicas y simbólico-lingüístico-culturales en los diseños de políticas, toma de decisiones e infraestructura. El círculo externo celeste indica que la ética biocultural es informada no solo por las ciencias, sino también por una diversidad de cosmovisiones y filosofías (ancestrales y contemporáneas) cultivadas por pueblos originarios, escuelas de pensamiento o religiones, tales como el budismo, el confucianismo o el cristianismo, además de una plétora de movimientos sociales, políticos y culturales. La forma circular de la figura ilustra el carácter dinámico de estas cosmovisiones y formas de conocimiento ecológico. Las flechas bidireccionales indican los múltiples intercambios activos que ocurren entre cosmovisiones y conocimientos en el contexto de una sociedad global que, al mismo tiempo, es dinámica y rápidamente cambiante (figura modificada de Rozzi, 2012).

III.- LA ECORREGIÓN SUBANTÁRTICA DE MAGALLANES

Hasta el año 2000, el suroeste de Sudamérica era asimilado con el nombre genérico de Patagonia. Ello invisibilizaba los marcados contrastes entre las zonas occidentales y orientales del extremo sur de nuestro continente. Para visibilizarla nítidamente, distinguiéndola de la región patagónica, a comienzos de la década del 2000 acuñé el nombre de “Ecorregión Subantártica de Magallanes” (Rozzi, 2002). Esta se extiende por el margen sudoeste de Sudamérica entre el Golfo de Penas (47°S) y la isla Hornos (56°S) (Figura 2). Su relieve montañoso incluye laderas, en su mayoría con pendientes pronunciadas, y a lo largo de la Cordillera de Los Andes, la Cordillera Darwin y otras cumbres, se encuentran los campos de hielo, de los que se desprenden glaciares que descienden hasta el mar (Figura 3). Sus bosques están caracterizados por la dominancia del coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) y por estar embebidos en la matriz del complejo de tundra de Magallanes con clima hiper-húmedo y frío (Pisano 1977, 1980; Tuhkanen et al., 1990; Arroyo et al., 2005; Aguirre et al., 2021).

Figura 2

Mapa de la ecorregión subantártica de Magallanes que se extiende entre el Cabo de Hornos (56°S) y el Golfo de Penas (47°S) al norte de la isla Wellington en Chile. El color verde indica la zona donde prevalecen los bosques subantárticos de Magallanes dominados por la especie siempreverde de hoja ancha *Nothofagus betuloides* (coigüe de Magallanes), y en gris la zona más expuesta dominada por el complejo de tundra de Magallanes. Modificado de Rozzi et al. 2014., incorporando el límite internacional entre Chile y Argentina definido por el Acuerdo de 1998.

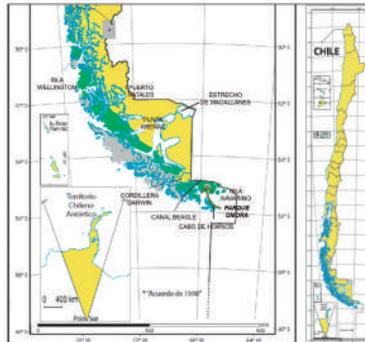




Figura 3

Numerosos glaciares descargan sus aguas en la ecorregión marina de fiordos y canales del sur de Chile. Estas aguas son pobres en sales y nutrientes. En la imagen, el Glaciar Romanche en la cordillera Darwin vierte sus aguas de deshielo en el Bra-

zo Noroeste del Canal Beagle en la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos. Archivo Fotográfico Programa de Conservación Biocultural Subantártica, UMAG (Fotografía Jordi Plana, diciembre de 2005).

El término “ecorregión subantártica de Magallanes” tiene la ventaja de distinguirla claramente de otras tres regiones relacionadas geográfica o climáticamente.

Primero, la distingue de la Patagonia, que de acuerdo a la clasificación biogeográfica de Cabrera y Willink (1973) está ubicada en el sudeste de América del Sur y se caracteriza por un relieve plano de origen sedimentario, clima semiárido y la dominancia de una estepa arbustiva baja. En contraste, la ecorregión subantártica de Magallanes posee relieves montañosos de origen tectónico, un clima hiperhúmedo y está dominada por bosques y tundras (Rozzi et al., 2014). Al quedar subsumida bajo el nombre Patagonia, estas singularidades habían permanecido invisibles para la ciencia y también para la administración y diplomacia de Chile hasta fines del siglo XX.

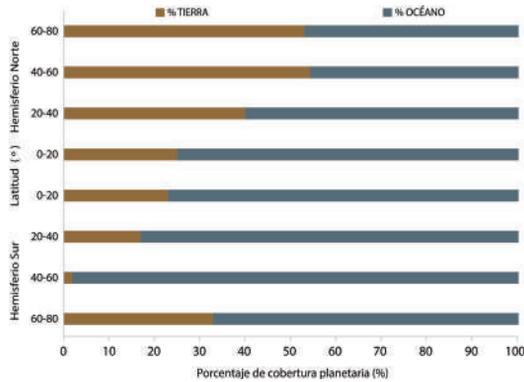
Segundo, al estar dominada por bosques, la ecorregión subantártica de Magallanes se distingue también de todas las demás regiones insulares subantárticas. Hoy, las islas subantárticas ubicadas fuera de esta ecorregión, como los

archipiélagos Diego Ramírez, Kerguelen o Georgias del Sur y Sandwich del Sur, están dominadas por tundra y especies de musgos y líquenes, careciendo completamente de bosques (Pisano, 1972; Pisano & Schlatter, 1981a,b; Rosenfeld et al., 2020). Cabe notar que algunas islas oceánicas subantárticas, como Kerguelen, registran árboles fósiles, indicando que en el pasado su clima y vegetación eran diferentes (Féral et al., 2021). Sin embargo, en la actualidad la ecorregión subantártica de Magallanes es la única que incluye bosques en las regiones subpolares del hemisferio sur.

Tercero, los bosques de la ecorregión subantártica de Magallanes están dominados por árboles de hoja ancha perenne (Rozzi et al., 2014). En contraste, la región subártica del hemisferio norte se caracteriza por sus bosques boreales dominados por coníferas de hoja perenne y por árboles de hoja ancha caduca (Chapin et al., 2006). Además, la ecorregión terrestre subantártica de Magallanes contrasta también marcadamente con sus equivalentes subpolares en el hemisferio norte, debido a diferencias i) geográficas, ii) climáticas y iii) biogeográficas (Lawford et al., 1996).

i) Diferencias inter-hemisféricas geográficas: en el hemisferio sur, en la banda latitudinal 40-60°S la proporción de superficie tierra:océano es 2%:98%; en cambio, en la banda latitudinal 40-60°N esta proporción de áreas terrestres:oceánicas es 54%:46% (Figura 4). Esta diferencia extrema a nivel planetario respecto de la proporción de áreas terrestres versus oceánicas genera un fuerte contraste de los sistemas climáticos entre las regiones templadas y subpolares de ambos hemisferios.

Figura 4



El hemisferio sur tiene una clara predominancia de la superficie oceánica sobre la superficie terrestre. La prevalencia de la superficie oceánica alcanza un máximo en la banda latitudinal 40-60° S, donde la proporción tierra:océano es 2%:98%. Por el contrario, en el hemisferio norte hay una prevalencia de la superficie terrestre en latitudes templadas y subpolares que alcanza un máximo en la banda latitudinal 40 a 60° N, donde la proporción tierra: océano es 54%:46% (figura modificada de Rozzi et al., 2014).

ii) Diferencias inter-hemisféricas climáticas: como consecuencia del punto anterior, el clima en los ecosistemas subantárticos es modulado por la vasta extensión del océano. Esta modulación determina que en las latitudes subpolares del hemisferio sur se encuentre un clima de gran influencia oceánica, caracterizado por una escasa fluctuación térmica entre estaciones del año, con inviernos moderados y veranos templados a cálidos (Arroyo et al., 1996). En el hemisferio norte, en cambio, la mayor proporción de superficie terrestre en las latitudes subpolares genera un clima de tipo continental que se caracteriza por una elevada amplitud térmica anual, con inviernos con temperaturas bajo cero y veranos calurosos, especialmente al alejarse de las costas (Lawford et al., 1996). Estos contrastes

entre los patrones climáticos de zonas subpolares del hemisferio norte y sur adquieren máxima relevancia en el escenario del cambio climático global (Burrows et al., 2011; Aguirre et al., 2021; Quilodrán et al., 2022). Estamos registrando cuantitativa y comparativamente el patrón climático con un monitoreo de largo plazo desde el año 2000 en el Parque Etnobotánico Omora en Puerto Williams ($54^{\circ}56'S$, $67^{\circ}38'W$), y de Bonanza Creek en Fairbanks, Alaska ($64^{\circ}42'52''N$, $148^{\circ}08'43''W$) (Figura 5).

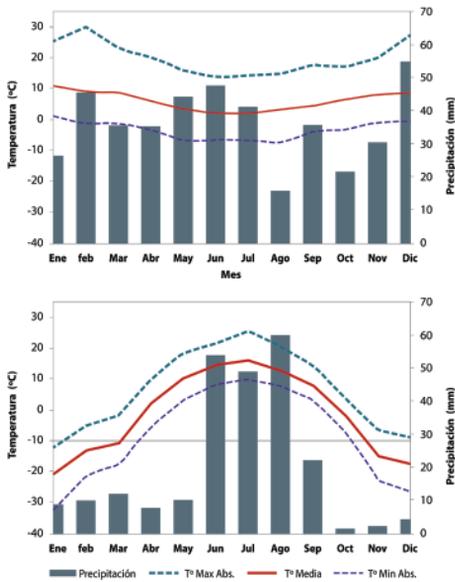


Figura 5

Precipitación media mensual (barras), temperatura media mensual (línea roja central), temperatura máxima absoluta (línea azul discontinua) y temperatura mínima absoluta (línea discontinua púrpura) registradas en la Estación Parque Omora ($54^{\circ}56'S$, $67^{\circ}38'W$), LTSE-Chile (Arriba), y en la estación LTER-Bonanza Creek en Alaska ($64^{\circ}42'52''N$, $148^{\circ}08'43''W$), LTER – EE.UU. (Abajo), para el período enero 2009–diciembre 2012 (figura modificada de Rozzi & Jiménez, 2014).

iii) **Diferencias inter-hemisféricas biogeográficas:** la biota terrestre en el hemisferio norte presenta una continuidad biogeográfica característica a través de las extensas masas continentales boreales. Estos continentes tuvieron una conexión terrestre entre Norteamérica

y Eurasia hasta el fin de la última glaciación vía el istmo de Bering, cuya existencia facilitó el paso de plantas, animales y también el poblamiento humano en épocas recientes, con migraciones desde Eurasia hacia América del Norte. Por otro lado, para la biota marina, Norteamérica ha representado una barrera biogeográfica parcial o total en distintas épocas geológicas para el contacto de los océanos Atlántico y Pacífico, limitando el contacto entre sus organismos marinos.

El carácter disjunto de estas biotas se consolidó con el cierre del istmo de Panamá (Crame, 1997; Lessios, 2008). En contraste, en el hemisferio sur las biotas marinas han estado conectadas desde el momento en que el continente Antártico se separó de Sudamérica y se formó el Paso Drake. Esto ocurrió hace unos 30 a 40 millones de años, cuando se originó la Corriente Circumpolar Antártica (Lawver & Gahagan, 2003; Scher & Martin, 2006; Allcock & Strugnell, 2012; Scher et al., 2015). Esta corriente fluye de oeste a este interconectando los océanos Pacífico, Atlántico, Índico y Austral o Antártico (Rodrigo, 2008). En consecuencia, a diferencia del hemisferio norte, en el hemisferio sur las biotas marinas no han estado aisladas y han mantenido ciertos flujos genéticos en el sentido este-oeste. En cambio, las conexiones biogeográficas de las biotas terrestres subantárticas quedaron aisladas hace más de 40 millones de años, cuando Australia-Nueva Zelanda y Sudamérica se separaron de la Antártica. Un ejemplo icónico de estas antiguas conexiones está representado por los bosques dominados por árboles del género *Nothofagus* (coigües, robles y lengas) (Veblen et al., 1996) y peces de la familia Galaxiidae (puyes) de agua dulce (Waters et al., 2000). Sin embargo, durante los últimos

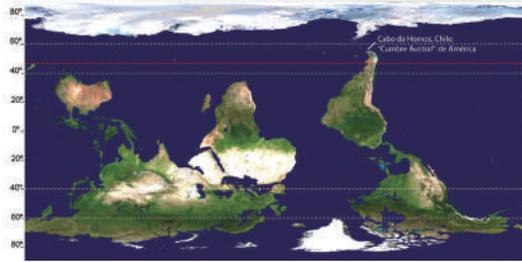
Los Laboratorios Naturales pueden hacer una contribución fundamental para visualizar y valorar la gran diversidad de formas de vida y singularidades de cada territorio. Así, pueden contribuir a repensar y, eventualmente, reorientar los hábitos de vida de la sociedad global.

30 millones de años estas biotas han evolucionado con un alto grado de aislamiento, conduciendo al origen disjunto de múltiples linajes taxonómicos de plantas y animales. Debido a este aislamiento geográfico, en la ecorregión subantártica de Magallanes los grados de endemismos son muy altos, especialmente para plantas no-vasculares (musgos y hepáticas, Goffinet et al., 2012).

Finalmente, en el contexto del cambio climático global, una diferencia geográfica sustancial entre América del Norte y del Sur es la forma de sus masas terrestres. Norteamérica tiene su máxima anchura longitudinal oeste-este en las latitudes frías subárticas entre los 55 y 75oN en Canadá y EE.UU. y su ancho mínimo en latitudes subtropicales y tropicales de México, extendiéndose hacia Centroamérica (ca. 20-10oN). En contraste, Sudamérica tiene su máxima anchura en latitudes tropicales entre los 0 y 15oS en Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, y su mínima anchura se alcanza en latitudes subantárticas a los 56oS, en el Cabo de Hornos, Chile. Si el mapamundi se dispone con el sur hacia arriba, Cabo de Hornos puede ser descrito metafóricamente como la “cumbre austral del continente americano” (Figura 6).

Figura 6

Mapamundi con el sur arriba, ilustrando cómo Cabo de Hornos emerge como una cumbre de las Américas. La línea entrecortada roja señala la latitud 47°S que corresponde a



los bosques más australes de Nueva Zelanda. Los bosques de Cabo de Hornos se ubican a 56°S, casi diez grados de latitud más al sur que los de Nueva Zelanda y representan los bosques más australes del mundo. Las líneas entrecortadas blancas demarcan los ámbitos latitudinales entre 40° y 60° mostrando el marcado contraste entre los hemisferios sur (predominantemente oceánico) y norte (predominantemente continental) (figura modificada de Rozzi et al., 2012).

Esta expresión metafórica de “cumbre austral” adquirió relevancia central en términos de la “ciencia en la diplomacia” (en el sentido planteado en la introducción de este libro, Oyarce, 2022), puesto que introduce el documento técnico-científico presentado ante la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) para crear la Reserva de la Biósfera Cabo de Hornos (RBCH) en el 2005 (Rozzi et al., 2006a), con la siguiente analogía:

Así como el Monte Everest emerge como la cumbre de mayor altitud en el mundo, el Cabo de Hornos emerge como la cumbre austral del Continente Americano. Cabo de Hornos alberga también los bosques de mayor latitud en el Hemisferio Sur. Por su posición altitudinal o latitudinal, ambas cumbres, el Everest y Cabo de Hornos, están sujetas a condiciones climáticas únicas y extremas, un atributo que adquiere la mayor relevancia cuando confrontamos un cambio climático global.

La relevancia frente al cambio climático se debe especialmente a dos factores. Un primer factor es geométrico,

puesto que las cumbres representan el vértice cuyas áreas son mucho menores que las de las bases de las montañas o áreas más anchas en continentes como Sudamérica. Por lo tanto, debido a esta condición geométrica, las floras y faunas que sólo habitan en las cumbres están mucho más amenazadas por la extinción, porque habitan en áreas que son mucho más pequeñas que las zonas más bajas.

Un segundo factor se debe al calentamiento global. En las cumbres, las temperaturas son más bajas y hay organismos adaptados a estas condiciones de frío. Por tanto, en respuesta al calentamiento global, la distribución geográfica de numerosas especies de plantas, animales y otros organismos va ascendiendo en altitud y/o latitud, en busca de la mantención de sus condiciones térmicas originales (Bitencourt et al, 2016; Niskanen et al., 2019; Salick et al., 2019). Para el caso de aquellos organismos que ya habitan en las cumbres de las montañas y buscan temperaturas menores, podemos decir metafóricamente que solo les queda “subir hacia el cielo”, es decir, extinguirse. Alternativamente, pueden buscar latitudes más altas. En el caso de Cabo de Hornos, esto no es posible porque ya no hay latitudes más altas en el continente americano. Por lo tanto, la biota endémica de montaña de la ecorregión subantártica de Magallanes, particularmente aquella del Cabo de Hornos, se encontraría entre las más amenazadas del planeta (Rozzi, 2018a; Aguirre et al., 2021).

Sin embargo, frente al calentamiento global algunos organismos terrestres de las cumbres de Cabo de Hornos podrían tener la capacidad de dispersarse a distancia (por sobre el Paso Drake) y ser parte de un escenario futuro probable: el reverdecimiento de la Antártica.

IV.- LABORATORIO NATURAL: UN CONCEPTO CENTRAL EN DOS ARCHIPIÉLAGOS ICÓNICOS DE SUDAMÉRICA

Dada su ubicación geográfica, idónea para investigaciones científicas sobre las respuestas de la biodiversidad al cambio climático, es paradójico que Cabo de Hornos (y más ampliamente la ecorregión subantártica de Magallanes en el extremo sur de Chile) haya quedado omitido de los monitoreos y estudios ecológicos a largo plazo. Con el fin de subsanar este vacío en el monitoreo global y contribuir a la conservación de esta región singular a través de programas de educación, en el año 2000 establecimos el Parque Etnobotánico Omora en Puerto Williams, capital de la Provincia Antártica Chilena (Rozzi et al., 2006b).

La creación del Parque Etnobotánico Omora se originó a partir de una concesión a la Universidad de Magallanes y ha sido concebido como un espacio físico y conceptual, donde llevar a las experiencias de indagación y educación acerca de la biodiversidad. Con el fin de explicitar los variados ámbitos de actividades del Parque, este se ha definido como:

- 1) Un Laboratorio Natural para estudiar la ecología de los bosques más australes del planeta y los procesos y efectos del cambio global en la comuna del Cabo de Hornos.
- 2) Una sala de clases al aire libre abierta para los alumnos y maestros de escuelas y universidades, y para visitantes interesados.
- 3) Un área de protección para la cuenca del río Róbalo y para uno de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad de Chile.

Tanto la ciencia como la diplomacia son necesarias para orientar la incidencia positiva, pero riesgosa, que la mayor conectividad conlleva para una de las pocas regiones del mundo que todavía conserva ecosistemas terrestres, dulceacuícolas y marinos con un bajo grado de impacto antropogénico directo.

El momento histórico que confrontaba la comuna Cabo de Hornos y las motivaciones para crear el Parque Omora, quedan expresados en el breve discurso que pronuncié en representación de la comunidad científica, con ocasión de la ceremonia de apertura de la ruta de navegación que cruza el canal Beagle, el 5 de diciembre de 2001 en Puerto Navarino.

Recuadro 2: Ciencia y diplomacia en el surgimiento del Laboratorio Natural Subantártico de Chile

El 26 de mayo del 2001 se publicó en el Diario Oficial el Decreto de Ley N° 19.726 que sustituyó la denominación de “comuna de Navarino” por “comuna de Cabo de Hornos”. Este cambio de nominación fue propuesto por el entonces presidente de la República de Chile, Ricardo Lagos Escobar, el 14 de noviembre del 2000 en un mensaje dirigido a la Honorable Cámara de Diputados. El presidente Lagos expresa que “la denominación ‘Cabo de Hornos’ universalmente conocida abre claras perspectivas de provecho turístico y comercial, al asociarse a un hito geográfico de larga tradición histórica en la navegación mundial, beneficios que la actual denominación no necesariamente garantiza” (CBN 2021).

Llama la atención que en el mensaje presidencial no fuera mencionada la exuberante biodiversidad subantártica. Luego, en las discusiones parlamentarias de dicho proyecto de ley, tampoco se registran términos como “biodiversidad” y “subantártico”. La única alusión al término “naturaleza” se realizó en los siguientes términos: “Cabo de Hornos, último rincón del globo reconocido desde antiguo por los navegantes y cuya sola

mención, recogida en numerosos relatos históricos y literarios, evoca, sin duda, la inhóspita y difícil vida en esas latitudes y las dificultades que la naturaleza ofrece a quienes se internan en tan tormentosas aguas” (CBN 2021).

Considerando la riqueza de la biodiversidad de Cabo de Hornos (entre otros, centro mundial de diversidad de musgos), me sorprendieron la invisibilidad de esta biodiversidad y la inexistencia de una identidad biogeográfica (i.e., subantártica) en los discursos de las máximas autoridades nacionales y parlamentarias regionales. Esta invisibilidad me motivó a colaborar con quien fuera Gobernador de la Provincia Antártica Chilena durante el período 2000-2006, Eduardo Barros González, quien acogió mi preocupación por el desconocimiento de la riqueza biótica de Cabo de Hornos. Junto al entonces alcalde, José Soto-Passek y con apoyo de la Armada de Chile, iniciamos una intensa actividad de expediciones y diálogos con autoridades regionales, ministeriales y S.E. el presidente Lagos, describiendo los atributos únicos de la biodiversidad de Cabo de Hornos y su pertenencia a la ecorregión subantártica de Magallanes (Figura 7).



Figura 7

El ex Presidente de la República, Ricardo Lagos Escobar (centro), conociendo la exuberante diversidad de musgos subantárticos en el Parque Omora en 2001. El ex Gobernador de la Provincia Antártica de Chile, Eduardo Barros González (derecha) y el biólogo y filósofo Ricardo

Rozzi (izquierda), guiaron esta visita que contribuyó a incorporar en los discursos el reconocimiento y la valoración de la diversidad “en terreno” conceptos sobre la singular biodiversidad que caracteriza a la comuna Cabo de Hornos. Explicaron en campo la diversidad de especies de líquenes, hepáticas y musgos, y los valores ecológicos, estéticos, éticos y económicos de esta “flora en miniatura”, que provee servicios ecosistémicos esenciales la regulación de los ciclos hidrológicos y la calidad del agua (Foto: Alex Ibáñez).

Esta ceremonia fue una expresión de las tres dimensiones interrelacionadas en la diplomacia científica, destacadas en la introducción de este libro (Oyarce, 2021):

Ciencia en la diplomacia: que proporciona datos, evidencia e información para una toma de decisiones; en este caso, la incorporación del concepto de biodiversidad subantártica, su singularidad y riqueza en la comuna Cabo de Hornos (Rozzi et al., 2001).

Ciencia para la diplomacia: para establecer y encauzar diálogos internacionales, en particular, la necesidad de colaborar en la tarea científica y en la planificación de políticas que adopten el principio de precaución para cuidar una biodiversidad que no tiene réplica en ninguna otra región del planeta (Rozzi, 2018).

Diplomacia para la ciencia: para incentivar los esfuerzos del Estado que posibiliten la participación de diversos actores transfronterizos en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación (Oyarce, 2021).

Dicha ceremonia marcó un hito histórico en el que participaron diversos actores de la comunidad local junto a autoridades de gobierno, municipales, de la Armada de Chile, Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado (DI-FROL), Servicios de Aduana, Servicio Nacional de Turismo y otras ilustres personalidades chilenas y argentinas, reunidas para formalizar la apertura del cruce de navegación entre las localidades de Puerto Navarino (Chile) y Ushuaia (Argentina). Sin duda alguna, este acuerdo incidió en el destino histórico de la comuna Cabo de Hornos, abriendo oportunidades a la vez que riesgos sociales y medioambientales. Tanto la ciencia como la diplomacia son necesarias para orientar

la incidencia positiva, pero riesgosa, que esta mayor conectividad conlleva para una de las pocas regiones del mundo que todavía conserva ecosistemas terrestres, dulceacuícolas y marinos con un bajo grado de impacto antropogénico directo.

El concepto del Parque Omora como un Laboratorio Natural proveyó una plataforma institucional para asumir el compromiso de contribuir desde las áreas de la investigación, la educación y la generación de información científica original y revisada por pares, para la toma de decisiones informadas por parte de los diversos actores locales, regionales y nacionales. Para asumir esta tarea de conocimiento, valoración y cuidado de los delicados archipiélagos al sur de Tierra del Fuego, iniciamos una colaboración internacional para aprender de la experiencia de otro Laboratorio Natural ubicado en un archipiélago célebre para la ciencia, la educación y la conservación en Sudamérica: las islas Galápagos de Ecuador.

4.1.- Reserva de la Biósfera Galápagos: origen del término “Laboratorio Natural”

El término “Laboratorio Natural” se popularizó a partir de 1933, cuando el ornitólogo californiano Harry S. Swarth presentó una propuesta al gobierno ecuatoriano, solicitando la protección de las Islas Galápagos. Swarth propuso que el archipiélago de las Galápagos era “uno de los Laboratorios Naturales de procesos evolutivos más asombrosos de la tierra” (Barrow 2009, p. 176). Este ornitólogo pensó que las islas deberían “convertirse en un santuario de vida silvestre y un laboratorio biológico al aire libre en honor a Charles Darwin” (The New York Times, 1933: 15, citado en Hennessy, 2018). De esta manera, “la naturaleza del archipiélago se preservaría y los biólogos modernos podrían continuar trabajando en

este lugar que Darwin (1845) describiera como “un pequeño mundo dentro de sí mismo” (Hennessy 2018, p. 384).

El concepto de Laboratorio Natural estimula una “imaginación geográfica”, es decir, una forma de pensar sobre el valor de lugares particulares y las relaciones que la sociedad establece con aquellos (Gregory, 1994). Las Islas Galápagos fueron descubiertas en 1535 por el obispo español Tomás de Berlanga, y su singular biodiversidad fue destacada en 1570 por el nombre que señala a las tortugas gigantes (Quiroga, 2009). Sus especies de reptiles, así como la mitad de las especies de aves e insectos, y un tercio de las especies de plantas, son endémicas.

Durante la segunda mitad del siglo XX, la popularidad de Galápagos como un “Laboratorio Natural” único para observar el proceso de evolución en acción creció rápidamente (Grenier, 2007). En este proceso fue determinante la creación de la Fundación Charles Darwin, en 1959.

Esta, conjuntamente con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la UNESCO y conservacionistas de todo el mundo, ayudaron al gobierno ecuatoriano a crear el Parque Nacional Galápagos (PNG). Así, desde 1959 el PNG ha protegido el 97% del área terrestre total de las islas (7.995 kms.2) y restringido el área para habitación humana a un 3%. En 1964 ocurrió otro hito debido al establecimiento de la Estación Científica Charles Darwin en Puerto Ayora, isla Santa Cruz. El equipo de investigadores de esta estación científica ha jugado un papel esencial para actualizar y difundir ampliamente la narrativa científica que llevó a reconocer al archipiélago como un Laboratorio Natural único en el planeta (Rozzi et al., 2010a).

En la génesis de la narrativa científica del Laboratorio Natural de Galápagos, destaca el trabajo del matrimonio de ornitólogos y biólogos evolutivos británicos Peter y Barbara Grant. Desde 1973, ellos han investigado los pinzones de las islas Galápagos, que son las aves que inspiraron a Charles Darwin en su concepción de la teoría de la evolución (Grant & Grant, 1993, 1996, 2006).

Durante medio siglo, los Grant han pasado seis meses de cada año capturando, marcando y tomando muestras de sangre de pinzones, y han demostrado los mecanismos de la selección natural propuestos por Darwin. Por su trabajo, los Grant han sido premiados por establecer un notable modelo de estudios a largo plazo, que ha tenido una influencia fundamental en el desarrollo de la biología de poblaciones, la evolución y la ecología del siglo XX.

Estas narrativas científicas se transfirieron rápidamente a relatos y rutas de ecoturismo que se aplican hoy con una gran efectividad para: i) la comunidad, generando una economía local basada en atributos singulares descubiertos por los investigadores, y ii) para los visitantes, al conectarlos con la asombrosa biodiversidad terrestre y marina, y orientarlos para la comprensión *in situ* de los procesos evolutivos que tienen lugar en el archipiélago (Rozzi et al., 2010a). Al mismo tiempo, el desarrollo del turismo ha conllevado amenazas crecientes sobre la biodiversidad de Galápagos (Salinas de León, 2020). Las visiones sobre turismo, pesca y otras actividades extractivas han estado en conflicto con las visiones de ciencia y conservación (Viteri & Chávez, 2007; Quiroga, 2013; Castrejón & Charles, 2020).

Para reforzar los objetivos combinados de investigación, conservación y ecoturismo, la Estación Científica Charles

Darwin ha apoyado al gobierno ecuatoriano y su Servicio de Parques Nacionales para lograr la nominación de las Galápagos como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1979, y como Reserva de la Biósfera en 1984, ampliada en 1998 para incluir la protección de una vasta superficie marina, incluyendo también los ecosistemas terrestres archipelágicos de 146.599 kms.2, que ha estado sujeta a un prolongado y complejo proceso de rezonificación en 2016 (Burbano et al., 2020). Finalmente, en enero 2022 y como resultado de un acuerdo logrado en la Cumbre Climática COP26 de Glasgow, en el Reino Unido, se creó una nueva reserva marina llamada Hermandad. Esta extendió en 60.000 kms.2 la zona protegida de Galápagos para conservar ecosistemas oceánicos críticos, rutas migratorias y zonas de alimentación de especies marinas amenazadas (Klimley et al., 2022). Se ha propuesto financiar la reserva marina Hermandad con un canje de deuda externa por naturaleza (Loaiza, 2022).

4.2.- Reserva de la Biósfera Cabo de Hornos

Desde sus inicios, el Parque Omora estableció colaboraciones con la Estación Charles Darwin en la Reserva de la Biosfera Galápagos con el fin de colaborar en programas de investigación, educación, conservación y turismo sustentable, incluyendo la participación de múltiples actores (Figura 8). Sin embargo, hay una diferencia marcada entre los archipiélagos Galápagos y Cabo de Hornos. El primero es bien conocido hoy por su biodiversidad endémica y la relevancia que tuvo para Darwin, particularmente por sus observaciones y colectas de distintas especies de pinzón, cuyas variaciones en la morfología y dieta fueron esenciales para concebir el mecanismo evolutivo de la selección natural (Bowler, 1990). En contraste, tal como ilustran los registros acerca del cambio de nombre de la comuna Cabo de Hornos (Recuadro 2),

aunque este archipiélago en el extremo austral de Chile tiene un alto valor para el estudio del cambio climático, la singular biodiversidad subantártica y la historia de la ciencia, incluida la concepción de la teoría evolutiva de Darwin (Rozzi, 1999, 2018b), este era desconocido para las autoridades y estaba ausente en los discursos y cultura nacional.



Figura 8

Visita a la Estación Charles Darwin (Puerto Ayora, isla Santa Cruz, Reserva de la Biósfera Galápagos) de la Misión Tecnológica a Galápagos: Un Modelo para el Turismo de Intereses Especiales y la Conservación en la Reserva de Biósfera

Cabo de Hornos apoyada por CORFO y coorganizada por el Gobierno Regional de Magallanes y de la Antártica Chilena, y el Parque Omora (Universidad de Magallanes, UMAG, e Instituto de Ecología y Biodiversidad, IEB) en agosto de 2016. De pie de izquierda a derecha: Lorena Araya (Directora SERNATUR de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena), Francisco Squeo (Investigador Principal IEB), Cecilia Durán (Dueña Empresa Turismo Pingüino Rey, Tierra del Fuego), José Germán González (Representante de la Comunidad Indígena Yaghán Bahía Mejillones), Víctor Igor (SEREMI Bienes Nacionales Región de Magallanes y de la Antártica Chilena), Ricardo Rozzi (Presidente IEB, Profesor Titular UMAG, Director Parque Omora), Ángel Ramos (Director Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos), Arturo Izurieta (Director Estación Charles Darwin), Verónica Morales (Coordinadora Santiago, Fundación Omora), José Luis Cifuentes (operador turístico del Resto del Sur, Puerto Williams). Sentados: personal de la Estación Charles Darwin y al centro Paola Furniss (Gerente de Operaciones, Hotel Lakutaia, Puerto Williams). Fotografía: Javier Pavéz (SERNATUR Región de Magallanes y de la Antártica Chilena).

Durante una de las navegaciones del año 2000, mientras surcábamos el Brazo Noroeste del Canal Beagle, rodeado de bosques no fragmentados, vastas turberas y glaciares,

recuerdo vívidamente cuando uno de los participantes exclamó: “¡pero aquí no hay nada!”. Su visión estaba centrada exclusivamente en la infraestructura humana. Su visión era, además, prevaleciente dentro del grupo con que navegábamos y en la cultura regional y nacional. Me pareció que era imprescindible transformar esta perspectiva para comenzar a apreciar una biodiversidad no percibida ni valorada y una región biogeográfica única que permanecía encubierta por el nombre de Patagonia.

Las autoridades locales y regionales comprendieron la necesidad de generar un centro de ciencia y educación que pudiera resolver esta brecha. Así, en marzo de 2000, junto al SEREMI de Bienes Nacionales (BB.NN.) de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, formularon a la Universidad de Magallanes (UMAG) el requerimiento de cambiar el propósito de una concesión gratuita otorgada a esa casa de estudios por el Ministerio BB.NN. en 1994. Originalmente, dicha concesión tenía el propósito de desarrollar el cultivo de peonías, pero tal proyecto de floricultura no prosperó, principalmente por los costos de transporte y por la suspensión de vuelos de aviones de mayor envergadura a Puerto Williams, a partir de 1991 debido al trágico accidente de una aeronave de la entonces aerolínea LAN Chile, en febrero de ese mismo año. Mi propuesta a BB.NN. fue un cambio de fines: desde floricultura hacia un “Laboratorio Natural”, donde desarrollar investigación, educación y conservación de la cuenca del río Róbalo. Las autoridades acogieron esta propuesta, pero solicitaron a la UMAG crear una fundación vinculada a la universidad con el fin de agilizar las acciones. Tal como ocurrió con la creación de la Estación Charles Darwin en la principal ciudad de las islas Galápagos, el establecimiento del Parque Omora en Puerto Williams el año 2000 catalizó

el inicio de programas de investigación y educación a largo plazo, resumidas en la Tabla 1.

Tabla 1. Hitos en la creación e implementación del Laboratorio Subantártico de Chile en la Reserva de la Biósfera Cabo de Hornos.

AÑO	ATRIBUTO BIOCULTURAL	PRE-PARQUE OMORA	POST-PARQUE OMORA
2000	Laboratorio Natural Subantártico	Inexistente	Creación del Parque Omora: Laboratorio Natural para un programa continuo de educación, investigación y protección de la cuenca río Róbalo en una concesión del Ministerio de Bienes Nacionales a la UMAG y a la Fundación Omora, en un terreno previamente concesionado a la UMAG en 1994 destinado al cultivo peonías que resultó fallida por su comercialización.
2000	Educación Escolar: Inclusión de la biodiversidad subantártica	Baja	Creación del Taller Omora (Actividad Libre Elección, ACLE) en el Liceo Donald McIntyre: ciencia subantártica y participación anual en la Feria Científica Escolar EXPLORA-CONICYT.
2001	Nombre de la Comuna	Navarino	Cambio a Cabo de Hornos, con identificación de atributos únicos de biodiversidad subantártica.
2001	Reconocimiento de la biodiversidad	Pobre	Hotspot mundial de diversidad de briofitas (musgos, hepáticas, y antocerotes) y de líquenes.

2001	Turismo: Inclusión de la biodiversidad subantártica	Estándar	Innovación en turismo de intereses especiales, con la creación de la actividad Ecoturismo con Lupa, entre otras.
2001	Programa de Gobierno Sendero de Chile	Extremo sur: termina en Torres del Paine	Se integra el extremo sur con la Isla Navarino (tramos Puerto Williams-Cerro Bandera-Parque Omora) como sendero interpretativo en colaboración con la CONAMA.
2002	Nombre de la ecorregión	Patagonia	Cambio a Subantártica de Magallanes.
2002	Presencia universitaria	Mínima	Creación del Centro Universitario Universidad de Magallanes (UMAG)-Puerto Williams, con residencia de académicos y estudiantes de postgrado
2002	Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad - CONAMA	Inexistente	Se definen tres sitios prioritarios: (1) oeste de la Isla Navarino (canal Murray, Puerto Inútil y Bahía Wulaia), (2) hábitats altoandinos en los Dientes de Navarino y el mosaico ecosistemas en el Parque Omora, (3) Bahía y valle Yendegaia (Caleta 2 de Mayo-Caleta María).
2003	Programa de Postgrado	Inexistente	Primer postgrado en la Patagonia chileno-argentina: Conservación Biocultural Subantártica, UMAG. Se reciben estudiantes chilenos y de otras regiones del mundo

2005	Reconocimiento de la UNESCO	Inexistente	Creación de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos, Chile
2005	Programa Ciencia Internacional	Inexistente	Creación del Programa de Conservación Biocultural Subantártica, coordinado por la UMAG, Chile, y la Universidad de North Texas (UNT), EE.UU.
2006	Descripción de los sitios para el Turismo de Intereses Especiales (TIES)	Relatos aislados de navegantes	Se publica una serie 4 libros TIES bilingües (español-inglés) vinculados a talleres para operadores y guías de turismo que describen sitios y actividades con apoyo de SERNATUR
2008	Relación científica con el país	Baja	Creación Red LTSER-Chile en el Parque Omora, cofundada con el Parque Nacional Fray Jorge y la Estación Biológica Senda Darwin coordinada por el Instituto Ecología y Biodiversidad (IEB).
2010	Infraestructura de Laboratorios Científicos	Inexistente	Creación de la Estación de Campo Parque Omora y del Laboratorio Estudios Dulceacúcolas Wankara (UMAG, IEB y UNT).
2012	Relación científica con el país	Baja	Laboratorio Natural de Chile con EXPLORA-CONICYT.
2013	Investigación científica a largo plazo subantártica y antártica	Baja	Inicio de estudios acoplados en Parque Omora [ciencia subantártica] a 950 km de la Base Escudero [ciencia antártica] en la Isla Rey Jorge, Antártica Chilena.

Laboratorio Natural Subantártico Cabo de Hornos:

hacia una ética biocultural del co-habitar

2014	Centro Subantártico Cabo de Hornos	Inexistente	Inicio del Diseño del Centro Subantártico Cabo de Hornos
2015	Congreso Científico Internacional	Inexistente	Congreso Mundial de Briología (International Association of Bryologists 2015 World Conference), que es el congreso científico más austral en la historia y fue celebrado en Liceo Donald McIntyre.
2016	Informe UNESCO 1ª Década Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos	Aprobado	Propuesta de inclusión de las islas Diego Ramírez en el área de inclusión.
2016	Red Estudios Ecológicos a Largo Plazo Diego Ramírez – Cabo de Hornos	Inexistente	Creación de la Red LTER-Cabo de Hornos vinculada a LTSER – Chile
2019	Protección Fiordos y Canales de Chile y Mar Austral	Débil	Creación del Parque Marino Islas Diego Ramírez–Paso Drake, Ministerio del Medio Ambiente, SUBPESCA y Ministerio de Bienes Nacionales.
2021	Centro Científico de Excelencia	Mediano	Consolidación con la adjudicación del Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC, Programa de Financiamiento Basal de Centros de Excelencia Científica y Tecnológica, ANID, Ministerio CTCL)
2022	Escuela Técnico-Profesional de nivel superior	Inexistente	Escuela Técnica en el Centro Subantártico Cabo de Hornos UMAG – CHIC.

La educación fue un eje central en el establecimiento del Laboratorio Natural Parque Omora. Desde marzo de 2000 a la fecha, el equipo del Parque Omora ha desarrollado programas y metodologías con incidencia a escalas local, regional, nacional e internacional. Estos programas han abarcado desde el nivel preescolar al escolar, y universitaria de pre y postgrado, como también programas de educación no-formal, principalmente en el ámbito del turismo de intereses especiales.

A nivel escolar, desde marzo de 2000 se ha realizado de manera continua el Taller Omora, una Actividad de Libre Elección (ACLE) para estudiantes de enseñanza básica en el Liceo Donald McIntyre Griffith, el único liceo de Puerto Williams. Para el desarrollo de este taller, un equipo de profesores del liceo, en conjunto con investigadores, académicos y estudiantes de postgrado del Parque Omora, ha trabajado, con dos jornadas semanales, adaptando la metodología de Enseñanza de la Ecología en el Entorno Cotidiano desarrollada con el Ministerio de Educación de Chile (Rozzi et al., 1997).

El Taller Omora se fortaleció a través de una colaboración y con la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), que contribuyó a que el liceo de Puerto Williams fuera uno de los primeros cuatro establecimientos educacionales en la Región de Magallanes y Antártica Chilena que obtuvo la Certificación Ambiental. Además, desde el 2000, los estudiantes del Taller Omora han participado cada año en la Feria Científica Escolar EXPLORA-CONICYT, obteniendo en varias oportunidades premios regionales, y en dos de ellas el premio nacional (Figura 9).



Figura 9

Los estudiantes Francisco Olivares (derecha) y Fernando Saldivia (izquierda) del Taller Omora del Liceo Donald McIntyre, Puerto Williams, ganaron el Premio Nacional Feria Escolar Científica EXPLORA-CO-NICYT de 2013. Hoy, Francisco estudia derecho -con interés en derecho ecológico- en la Universidad Austral de Chile. Fernando inició estudios en ciencias biológicas en la Universidad de Chile, pero se cambió y estudió cine en el Carleton College en Northfield, Minnesota, con apoyo de una beca de la Embajada de Estados Unidos en Chile. Basado

en su tesis, filmó el documental *La Tejedora de Raíces*, que registra la labor de Julia González, reconocida artesana yagán de Isla Navarino, ganando el Premio Especial del Jurado a la Visión Artística del Festival de Cine Documental Big Sky, EE.UU. Actualmente, cursa un máster en Bellas Artes en Cine en el Instituto de Artes de Chicago, EE.UU. (Fotografía: Tamara Contador).

A nivel universitario, la Facultad de Ciencias de la UMAG, en asociación con el equipo científico del Parque Omora, creó el año 2003 el primer programa de postgrado en ciencias en la Patagonia chilena y argentina: el Magister “Manejo y Conservación de Recursos Naturales Subantárticos”, el cual incluye un énfasis en conservación y turismo científico. En este postgrado se ha desarrollado la metodología de la Filosofía Ambiental de Campo (FILAC), que orienta a los estudiantes en un ciclo de 4 pasos: i) investigación transdisciplinaria; ii) composición de relatos y metáforas; iii) diseños de actividades de campo orientadas ecológica y éticamente, e iv) implementación de conservación *in situ* (Rozzi et al.,

2010b). Basados en la metodología FILAC, académicos y estudiantes de postgrado, en colaboración con la comunidad escolar, emprendimientos turísticos y SERNATUR, han desarrollado nuevas temáticas, rutas y prácticas para la observación de aves, paisajes y flora de Magallanes. Por ejemplo, el concepto de “ecoturismo con lupa” ha atraído la atención nacional y mundial, ofreciendo hoy una alternativa para un turismo pausado o “*slow tourism*”, una práctica ecológica y económicamente sustentable.

A nivel preescolar, en 2008, atendiendo al llamado hecho por la ex Presidenta Michelle Bachelet Jeria a reforzar la educación preescolar, el Departamento de Educación Parvularia de la UMAG, en colaboración con la Junta Nacional de Jardines Infantiles (JUNJI), CONAMA y el equipo de investigadores del Parque Omora, creó el primer Proyecto EXPLORA-CONICYT del país, que integra la educación parvularia con la educación científica, la historia natural, la ética ambiental y las artes. Así, en Puerto Williams los jardines infantiles Étnico Ukika (JUNJI) y Pequeños Colonos (Armada de Chile), junto con el pre-kinder del Liceo Donald McIntyre, forjaron el proyecto Pequeños Exploradores de los Bosques en Miniatura del Cabo de Hornos, que inspiró un nuevo programa de educación parvularia científica a escala nacional: “EXPLORINES” del Programa EXPLORA-CONICYT.

El trabajo que el equipo del Parque Omora ha desarrollado en los ámbitos de investigación y conservación también se resume en la Tabla 1 y ha sido ampliamente documentado en otras publicaciones (Rozzi et al., 2006b, 2007, 2020; Mansilla et al., 2012; Contador et al., 2015, 2018; Massardo et al., 2016; Ojeda et al. 2018, 2019).

La experiencia del Parque Omora demuestra la importancia vital que tienen los centros científicos para implementar los Laboratorios Naturales. Este Laboratorio Natural ha descubierto una biodiversidad subantártica única a nivel mundial, ha acuñado un nombre para una ecorregión que permanecía invisible, ha establecido un centro científico y ha entregado información técnico-científica de base para la creación de áreas protegidas (Tabla 1). En el ámbito transdisciplinario, la integración de la ecología y la ética en metodologías de educación, turismo científico y conservación biocultural, concitan el interés mundial. Hoy el país y el mundo reconocen y observan la ecorregión subantártica de Magallanes y valoran su biodiversidad.

En los años '60, el Estado de Chile inició programas que condujeron a establecer una plataforma internacional para la investigación astronómica equipada con grandes telescopios y observatorios para investigar el espacio exterior, el macrocosmos, desde el Desierto de Atacama. En los 2000, en el Cabo de Hornos se inició la investigación del “microcosmos”, investigando con lupa musgos, líquenes, algas, invertebrados, aves, y sus interacciones ecológicas para el funcionamiento de los ecosistemas a distintas escalas, desde cuencas hidrográficas, bahías hasta la biósfera. Con esta visión, en 2021, el nuevo Centro Internacional Cabo de Hornos (Cape Horn International Center, CHIC) fue adjudicado como Centro de Excelencia con Fondos Basales de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) (Tabla 1). El CHIC integra las ciencias naturales y sociales, las humanidades, la educación y la ética ambiental para apreciar y cuidar la biodiversidad desde la escala de pequeños organismos hasta la escala planetaria (Figura 10). El CHIC utilizará la infraestructura del Centro Subantártico Cabo de Hornos (un proyecto GORE-FNDR), los sitios de estudios ecológicos a

largo plazo (LTER-Cape Horn) y colaboraciones nacionales e internacionales para consolidar a Chile como un centinela para el monitoreo del cambio climático y su impacto sobre la biodiversidad en la cumbre austral de América (Rozzi et al., 2020).

Figura 10



Interpretación artística de tres atributos únicos de la Reserva de la Biósfera Cabo de Hornos como Laboratorio Natural. (1) El mapamundi invertido muestra la ubicación geográfica del Cabo de Hornos como la “cumbre sur de las Américas”, que ofrece una región ideal (y aún poco estudiada) para investigar el cambio global. (2) La lupa de mayor tamaño simboliza el enfoque de investigación biocultural del nuevo Centro Internacional Cabo de Hornos (Cape Horn International Center, CHIC). (3) La lupa de menor tamaño señala al nuevo edificio del Centro Subantártico Cabo de Hornos que albergará a CHIC y consolidará dos décadas de investigaciones subantárticas desarrolladas por el equipo Parque Omora – Universidad de Magallanes, Puerto Williams. (Concepto y Diseño, Ricardo Rozzi; Diseño y Arte, Mauricio Álvarez, Archivo Parque Omora).

V.- TRES ATRIBUTOS ESENCIALES DE LOS LABORATORIOS NATURALES

El concepto de Laboratorios Nnaturaes nos ofrece oportunidades para una nueva biocultura y nuevas formas de realizar investigación y diplomacia científica en y desde Chile. Para implementar de manera efectiva estas oportunidades,

identifico tres atributos esenciales, ejemplificados con el Laboratorio Natural Subantártico y sus relaciones con otros Laboratorios Naturales del país.

Primero, los laboratorios naturales ofrecen un modelo para la descentralización de la ciencia y la diplomacia científica y administración efectiva del territorio en las zonas extremas de Chile. En su extremo norte, el país ha asumido un liderazgo científico, puesto que desde el Laboratorio Natural de los Cielos Chilenos se realizan más del 50% de las observaciones astronómicas a nivel mundial. Complementariamente, en su extremo sur, en el Laboratorio Natural Subantártico se han descubierto nuevas especies, géneros y familias de grupos de organismos pequeños, que configuran un microcosmos que cumple un papel esencial en las respuestas de la biodiversidad al cambio climático y, más ampliamente, al cambio global.

En segundo lugar, los Laboratorios Naturales ponen en valor la complementariedad entre los diversos territorios de Chile. Al tener aproximadamente 4.300 kms. de longitud, nuestro país abarca territorios muy heterogéneos. Entonces ¿cómo complementamos los diversos territorios y las capacidades que ofrecen los Laboratorios Naturales del país? Un ejemplo claro es la complementariedad entre los territorios subantárticos y antárticos. Las biotas de las cumbres altitudinales en las montañas y latitudinales, como en Cabo de Hornos, son las más sensibles al calentamiento global. Al subir la temperatura, la biota subantártica o se extingue o logra dispersarse a larga distancia hacia el sur, por sobre el Paso Drake. Se establece así una complementariedad entre los Laboratorios Naturales Subantárticos y Antárticos para investigar el reverdecimiento potencial del continente blanco. La región ha asumido esta complementariedad al establecer, en un futuro cercano, el Centro Antártico Internacional

(CAI) en Punta Arenas. De esta manera, Chile consolidará su liderazgo en estudios subantárticos y antárticos a nivel mundial, tanto por su ubicación geográfica única como por su decisión de crear dos centros científicos que se complementan y potencian entre sí.

En tercer lugar, los Laboratorios Naturales demandan conectividad e impulsan el desarrollo de nuevas tecnologías. Hoy, esta conectividad nos permite trabajar colaborativamente desde los Laboratorios Naturales, en tiempo real, con redes de centros de investigación en Chile y el mundo. Por ejemplo, en 2020 en Puerto Williams, capital de la provincia Antártica Chilena, se inauguró el punto de operación e interconexión de Infraestructura Óptica de Telecomunicaciones (POIIT) de la fibra óptica austral (FOA). Esta posibilita la transmisión de “*Big Data*” y la colaboración científica en tiempo real con los cinco continentes. Así, hoy se puede apreciar en tiempo real la migración y nidificación de aves que habitan los bosques más australes del planeta, como el búho Tucúquere, aves que nidifican y alimentan sus polluelos bajo condiciones extremas. Estas imágenes están abiertas a la ciudadanía vía “*streaming*”. Para potenciar la conectividad del extremo austral, en 2021 la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) y la Red Universitaria Nacional (REUNA), firmaron un convenio para integrar a las regiones de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y Magallanes y de la Antártica Chilena a la red universitaria de transmisión de datos, estudios, conferencias y clases. Además, el Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena suscribió un convenio con la Subsecretaría de Telecomunicaciones y la Fundación Desarrollo País, para el estudio de factibilidad técnica y económica de la fibra óptica austral entre Puerto Williams y la isla Rey Jorge, en la Antártica. De esta forma,

será la primera conexión de fibra óptica desde el continente hacia el territorio antártico.

Chile, con sus laboratorios naturales, se posiciona en el liderazgo mundial de la ciencia y la tecnología desde el extremo norte en el Desierto de Atacama con los telescopios, hasta su extremo sur con Cabo de Hornos y el Territorio Chileno Antártico. Estos tres atributos de los Laboratorios Naturales -descentralización de la ciencia, complementariedad y conectividad- propugnan un nuevo paradigma de la ciencia basado en la colaboración y la complementariedad entre distintos saberes y territorios.

Frente a la gravedad y complejidades del cambio climático y la crisis socio-global, junto a la insuficiencia en la cobertura geográfica, en la cobertura de monitoreos científicos en el país y a nivel planetario, los Laboratorios Naturales de Chile contribuirán a resolver brechas científicas y desarrollar soluciones arraigadas en las características geológicas, ecológicas, climáticas, sociales, económicas y culturales de cada región donde se establecen. Al descentralizar la ciencia, la contribución de los Laboratorios Naturales de Chile para considerar y valorar las singularidades de cada hábitat y los hábitos de vida de los diversos co-habitantes (humanos y otros) que comparten y sustentan nuestro país y la biósfera toda, puede ser de extraordinaria relevancia para la vida en el futuro próximo. De esta manera, los Laboratorios Naturales abren oportunidades para contrarrestar la homogeneización biocultural global y catalizar conceptos y prácticas educativas, económicas y culturales que sean pertinentes a cada uno de los heterogéneos territorios.

Al “territorializar” la ciencia, los Laboratorios Naturales pueden cumplir un papel central para reinsertar los sistemas

humanos en los sistemas naturales. Esta reinserción requerirá nuevas prácticas de investigación transdisciplinaria que conlleven colaboraciones interinstitucionales e internacionales, estrechamente ligadas a la diplomacia. Esta transdisciplinaria demanda que los laboratorios devengan en co-laboratorios. Con un enfoque biocultural, estos co-laboratorios despertarán una conciencia científica y ética acerca de la necesidad de observar, comprender, valorar y cuidar la diversidad biológica y cultural y sus interrelaciones. Este es un mensaje de la mayor relevancia que como centinelas del cambio global, enviamos al mundo desde los Laboratorios Naturales de Chile.

Agradecimientos

Cuando el Embajador Pedro Oyarce me invitó a escribir un ensayo sobre el Laboratorio Natural Subantártico de Chile, acepté gustoso su invitación por tres razones. Primero, porque permite abordar una región biogeográfica cuya singular biodiversidad subantártica permanecía culturalmente invisibilizada hasta inicios del siglo XX. Segundo, porque el concepto de laboratorio natural ha contribuido a distinguir y valorar esta biodiversidad y a la ecorregión subantártica de Magallanes. Tercero, este Volumen I de Ciencia, Conocimiento, Tecnología e Innovación: Nuevos Mapas para la Diplomacia ofrece un foro idóneo para abordar colaborativamente la problemática de la crisis socioambiental, ensayando soluciones desde intersecciones entre ciencia y diplomacia en los Laboratorios Naturales de Chile. Por estas razones, agradezco la invitación de la Academia Diplomática de Chile y el continuo acompañamiento editorial del Embajador Oyarce.

Agradezco también a Francisca Massardo por los valiosos comentarios al manuscrito y a las numerosas personas e

instituciones que han colaborado para forjar el Laboratorio Natural Subantártico y desarrollar los programas de investigación, educación y conservación del Parque Omora.

Este trabajo ha sido apoyado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID/BASAL FB210018) para el Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC) albergado por la Universidad de Magallanes. Esta es una contribución del Programa de Conservación Biocultural Subantártica, coordinado por la Universidad de Magallanes en Chile y la University of North Texas en EE.UU.

Nota: El tratamiento de antecedentes y opiniones relacionados con los límites internacionales de Chile contenidos en esta obra, son de exclusiva responsabilidad de su autor.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, F.; Squeo, F.A.; Casassa, G.; López, D.; Crego, R.; Buma, B.; Carvajal, D.; Jaña, R., & Rozzi, R. (2021). Gradientes climáticos y su influyente rol sobre los ecosistemas terrestres de la Reserva de Biósfera Cabo de Hornos, Chile. *Anales Instituto Patagonia* 49. <https://doi.org/10.22352/AIP202149012>
- Allcock, A. & Strugnell, J. (2012). Southern Ocean diversity: new paradigms from molecular ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 27(9), 520–528.
- Arroyo, M.T.K.; Mihoc, M.; Plissock, P.; Arroyo-Kalin, M. (2005). The Magellanic moorland. En Fraser, L.H. & Keady, P.A. (eds.) *The World's Largest Wetlands: Ecology and Conservation*. Pp. 424-445. Nueva York: Cambridge University Press.
- Barrow, M. (2009). *Nature's Ghosts: Confronting Extinction from the Age of Jefferson to the Age of Ecology*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press.

- Bitencourt, C.; Rapini, A.; Damascena, L. S., & Junior, P. D.M. (2016). The worrying future of the endemic flora of a tropical mountain range under climate change. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 218, 1-10.
- Bowler, P. J. (1990). *Charles Darwin: The Man and his Influence*. New York: Cambridge University Press.
- Burbano, D.V.; Meredith, T.C., & Mulrennan, M.E. (2020). Exclusionary decision-making processes in marine governance: The rezoning plan for the protected areas of the ‘iconic’ Galapagos Islands, Ecuador. *Ocean & Coastal Management*, 185, 105066.
- Burrows, M.T.; Schoeman, D.S.; Buckley, L.B.; Moore, P.; Poloczanska, E.S.; Brander, K.M.; Brown, C.; Bruno, J.F.; Duarte, C.M.; Halpern, B.S. & Holding, J. (2011). The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems. *Science* 334(6056), 652-655.
- Cabrera, A.L. y Willink, A. (1973). Biogeografía de América Latina. Monograph 13, Series Biology, OEA. Washington, D.C.
- Castrejón, M., & Charles, A. (2020). Human and climatic drivers affect spatial fishing patterns in a multiple-use marine protected area: The Galapagos Marine Reserve. *PLoS one*, 15(1), e0228094.
- CBN (2021). Historia de la Ley N° 19.726: Sustituye la denominación de la comuna de Navarino por comuna de Cabo de Hornos y establece una agrupación de comunas. Biblioteca del Congreso Nacional (CBN): <https://www.bcn.cl/historia-delaley/historia-de-la-ley/vista-expandida/6049/> (consultada 17 de octubre 2021).
- Chapin, F.S.; Oswald, M.W.; Van Cleve, K.; Viereck, L.A. & Verbyla, D.L. (eds.). (2006). *Alaska's Changing Boreal Forest*. New York: Oxford University Press.
- Contador, T.A.; Kennedy, J.H.; Rozzi, R. y Ojeda, J. (2015). Sharp altitudinal gradients in Magellanic sub-Antarctic streams: thermal patterns and benthic macroinvertebrate communities

- along a fluvial system in the Cape Horn Biosphere Reserve (55°S). *Polar Biology* 38(11): 1853-1866.
- Contador, T.; Rozzi, R.; Kennedy, J.; Massardo, F.; Ojeda, J.; Caballero, P.; Medina, Y.; Molina, R.; Saldivia, F.; Berchez, F.; Stambuk, A.; Morales, V.; Moses, K.; Gañan, M.; Arriagada, G.; Rendoll, J.; Olivares, F. y Lazzarino, S. (2018). Sumergidos con lupa en los ríos del Cabo de Hornos: valoración ética de los ecosistemas dulceacuícolas y sus habitantes. *Magallania*. 46(1): 183-206.
- Crame, J. (1997). An evolutionary framework for the Polar Regions. *Journal of Biogeography* 24: 1–9.
- Féral, J.; Verlaque, M.; Rosenfeld Sekulovic, S.; Poulin, E.; Che-nuil, A. & Saucedo, T. (2021). *The marine vegetation of the Kerguelen Islands: history of scientific campaigns, inventory of the flora and first analysis of its biogeographical affinities*. Paris, Francia: Publications Scientifiques Muséum National d'Histoire Naturelle
- Goffinet, B.; Rozzi, R.; Lewis, L.; Buck, W. & Massardo, F. (2012). *The Miniature Forests of Cape Horn: Eco-Tourism with a Hand- lens* (“Los Bosques en Miniatura del Cabo de Hornos: Ecoturismo con Lupa”). Bilingual English-Spanish edition. UNT Press – Ediciones Universidad de Magallanes, Denton, TX y Punta Arenas, Chile.
- González, M.A. y Oyarce, P. (eds.) (2021). Ciencia, conocimiento, tecnología e innovación: nuevos mapas para la diplomacia (Vol. I). Introducción.
- Grant, B.R. & Grant, P.R. (1993). Evolution of Darwin’s finches caused by a rare climatic event. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 251(1331): 111-117.
- Grant, P.R., & Grant, B.R. (2006). Evolution of character displacement in Darwin’s finches. *Science*, 313(5784), 224-226.
- Grant, P.R. & Grant, B.R. (1996). Speciation and hybridization in island birds. *Philosophical Transactions of the Royal So-*

- ciety of London. Series B: *Biological Sciences*, 351(1341): 765-772.
- Gregory, D. (1994). *Geographical Imaginations*. Oxford: Blackwell.
- Grenier, C. (2007). *Conservación Contra Natura: Las Islas Galápagos*. Quito, Ecuador: Abya Yala.
- Hennessy, E. (2018). The politics of a natural laboratory: Claiming territory and governing life in the Galápagos Islands. *Social Studies of Science*, 48(4), 483-506.
- Jonas, H. (1984). *The Imperative of Responsibility: In search of an ethics for the technological age*. Chicago: Chicago University Press.
- Klimley, A.P.; Arauz, R.; Bessudo, S.; Chávez, E.J.; Chinacalle, N.; Espinoza, E. & Peñaherrera-Palma, C. (2022). Studies of the movement ecology of sharks justify the existence and expansion of marine protected areas in the Eastern Pacific Ocean. *Environmental Biology of Fishes*, 1-21.
- Larrère, C. (2019). “A Life Worthy of Being Called Human”: The Actuality of Hans Jonas’ Maxim. *Environmental Ethics* 41(4): 319-332.
- Lawford, R.G.; Alaback, P.B. & Fuentes, E.R. (eds.). (1996). *High-Latitude Rainforests and Associated Ecosystems of the West Coasts of the Americas. Climate, Hydrology, Ecology and Conservation*. New York: Springer.
- Lawver, L. & Gahagan, L. (2003). Evolution of Cenozoic seaways in the circum-Antarctic region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 198, 1–27.
- Lessios, H.A. (2008). The great American schism: divergence of marine organisms after the rise of the Central American Isthmus. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39, 63-91.
- Lewis, S.L. & Maslin, M.A. (2015). Defining the anthropocene. *Nature* 519: 171-180
- Loaiza, Y. (2022). Cómo la nueva reserva marina de Galápagos favorece la conservación de las especies del archipiélago.

- Infobae América* (16 de Enero de 2022): <https://www.infobae.com/america/medio-ambiente/2022/01/16/como-la-nueva-reserva-marina-de-galapagos-favorece-la-conservacion-de-las-especies-del-archipiélago/> (consultado 6 de febrero 2022)
- Mansilla, A.; Ojeda, J. y Rozzi, R. (2012). Cambio climático global en el contexto de la ecorregión subantártica de Magallanes y la Reserva de Biósfera Cabo de Hornos. *Anales del Instituto de la Patagonia* 40(1): 69-76.
- Massardo, F., Contador, T., Rendoll-Cárcamo, J., Rosenfeld, Mansilla, A., & Rozzi, R. (2016) Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos (2005-2015). Informe Técnico-Científico para la Primera Revisión Periódica MaB-UNESCO. Punta Arenas: Ediciones Universidad de Magallanes.
- McNeill, J.R. & Engelke, P. (2016). *The Great Acceleration An Environmental History of the Anthropocene since 1945*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Moore, J.W. (Ed.). (2016). *Anthropocene or capitalocene? Nature, history, and the crisis of capitalism*. Oakland, California: Pm Press.
- Niskanen, A.K.J.; Niittynen, P.; Aalto, J.; Väire, H. & Luoto, M. (2019). Lost at high latitudes: Arctic and endemic plants under threat as climate warms. *Diversity and Distributions*, 25(5), 809-821.
- Ojeda J.; Rozzi, R.; Rosenfeld, S.; Contador, T.; Massardo, F.; Malebrán, J.; González-Calderón, J. y Mansilla, A. (2018). Interacciones bioculturales del pueblo yagán con las macroalgas y moluscos: una aproximación desde la filosofía ambiental de campo. *Magallania* 46(1): 155-181.
- Ojeda, J.; Marambio, J.; Rosenfeld, S.; Contador, T.; Rozzi, R. & Mansilla, A. (2019). Temporal changes of macroalgae assemblage on rocky shores of the Cape Horn Biosphere Reserve, Sub-Antarctic Channels, Chile. *Aquatic Botany*, 157, 33-41.
- Pisano, E. & Schlatter, R.P. (1981a). Vegetación y flora de las islas Diego Ramírez (Chile). I. Características y relaciones de

- la flora vascular. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales* 12: 183-194.
- Pisano, E. & Schlatter, R.P. (1981b). Vegetación y flora de las islas Diego Ramírez (Chile). II. Comunidades vegetales vasculares. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales* 12: 195-204.
- Pisano, E. (1980). Distribución y características de la vegetación del archipiélago del Cabo de Hornos. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales* 11: 191-224.
- Pisano, E. (1977). Fitogeografía de Fuego-Patagonia chilena I. Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56°S. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales* 8: 121-250.
- Pisano, E. (1972). Observaciones fito-ecológicas en las islas Diego Ramírez. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales* 3: 161-169.
- Pommier, E. (2019). The Problem of Environmental Democracy: Responsibility and Deliberation. *Environmental Ethics* 41(4): 305-318.
- Quilodrán, C.S.; Sandvig, E.M.; Aguirre, F.; Rivero-de-Aguilar, J.; Barroso, O.; Vásquez, R.A. & Rozzi, R. (2022). The extreme rainfall gradient of the Cape Horn Biosphere Reserve and its impact on forest bird richness. *Biodiversity and Conservation* 31: <https://doi.org/10.1007/s10531-022-02353-5>
- Quiroga, D. (2013). Changing views of the Galapagos. In Walsh, S.J. & Mena, C.F., *Science and conservation in the Galapagos Islands: Frameworks & Perspectives*. New York: Springer, pp. 23-48.
- Quiroga, D. (2009). Crafting nature: the Galapagos and the making and unmaking of a “natural laboratory”. *Journal of Political Ecology*, 16(1), 123-140.
- Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å.; Chapin III, F.S.; Lambin, E.; Lenton, T.M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Scheffhuber, H.J. & Nykvist, B. (2009). Planetary boundaries:

- exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2).
- Rodrigo, C. (2008). La Corriente Circumpolar Antártica y su influencia en el clima. *Boletín Antártico Chileno* 27 (2): 15-16.
- Rodríguez, G. (2022). “Ciencia, política y diplomacia: aportes a la construcción de un nuevo orden internacional. En González, M.A. y Oyarce, P. (eds.), *Ciencia, conocimiento, tecnología e innovación: nuevos mapas para la diplomacia* (Vol. I).
- Rosenfeld, S.; Convey, P.; Contador, T.; Rendoll, J.; Poulin, E.; Maturana, C.; Frugone, M.J.; MacKenzie, R.; Russell, S.; Massardo, F. & Rozzi, R. (2020). Magallanes, laboratorio del cambio global. En Rozzi, R.; Morello, F.; Massardo F. & Aldunate, C. (eds.), *Estrecho de Magallanes: Tres Descubrimientos*. Santiago, Chile: Colección Santander, Museo de Chileno de Arte Precolombino, pp. 176-193
- Rozzi, R.; Crego, R.D.; Contador, T.; Schüttler, E.; Rosenfeld, S.; Mackenzie, R.; Barroso, O.; Silva-Rodríguez, E.A.; Álvarez-Bustos, X.; Silva, A.; Ramírez, I.; Mella, J.; Herreros, J. Rendoll-Cárcamo, J.; Marambio, J.; Ojeda, J.; Méndez, F.; Moses, K.P.; Kennedy, J.H.; Hargrove, E.; Russell, S.; Goffinet, B.; Sancho, L.; Berchez F.; Buma, A.; Aguirre, F.; Sánchez-Jardón, L.; Barros, E.; Vásquez, R.A.; Arroyo, M.T.K.; Poulin, E.; Squeo, F.; Armesto, J.J; Mansilla, A. & Massardo, F. (2020). Un centinela para el monitoreo del cambio climático y su impacto sobre la biodiversidad en la cumbre austral de América: la nueva red de estudios ecológicos a largo plazo Cabo de Hornos. *Anales Instituto Patagonia* 48 (3): 45-81.
- Rozzi, R. (2018a). Cabo de Hornos: un crisol biogeográfico en la cumbre austral de América. *Magallania* 46(1): 79-101.
- Rozzi, R. (2018b). Darwin en Cabo de Hornos: génesis de la teoría de la evolución humana y sus implicancias éticas. *Magallania* 46(1): 267-278.

- Rozzi, R. (2015). Implications of the biocultural ethic for Earth stewardship. En Rozzi, R.; Chapin, F.S.; Callicott, J.B.; Pickett, S.T.A.; Power, M.E.; Armesto, J.J. & May Jr., R.H. (eds.) *Earth Stewardship: Linking Ecology and Ethics in Theory and Practice*, pp. 113-136. Ecology and Ethics book series, vol 2. Springer, Dordrecht: Netherlands.
- Rozzi, R. y Jiménez, J. (2014). Magellanic Subantarctic Ornithology: First Decade of Forest Bird Studies at the Omora Ethnobotanical Park, Cape Horn Biosphere Reserve, eds. R. Denton TX, USA & Punta Arenas, Chile: University of North Texas Press & Ediciones Universidad de Magallanes
- Rozzi, R.; Jiménez, J.E.; Massardo, F.; Torres-Mura, J.C. & Rijal, R. (2014). The Omora Park Long-Term Ornithological Research Program: study sites and methods. In Magellanic Subantarctic Ornithology: First Decade of Forest Bird Studies at the Omora Ethnobotanical Park, Cape Horn Biosphere Reserve, eds. R. Rozzi, J.E. Jiménez, pp. 3-40. Denton TX, USA & Punta Arenas, Chile: University of North Texas Press & Ediciones Universidad de Magallanes.
- Rozzi, R.; Armesto, J.J.; Gutiérrez, J.; Massardo, F.; Likens, G.; Anderson, C.B.; Poole, A.; Moses, K.; Hargrove, G.; Mansilla, A.; Kennedy, J.H.; Willson, M.; Jax, K.; Jones, C.; Callicott, J.B. & Kalin, M.T. (2012). Integrating ecology and environmental ethics: Earth stewardship in the southern end of the Americas. *BioScience* 62(3): 226-236.
- Rozzi, R. (2012). Biocultural ethics: the vital links between the inhabitants, their habits and regional habitats. *Environmental Ethics* 34: 27-50.
- Rozzi, R.; Massardo, F.; Cruz, F.; Grenier, C.; Muñoz, A.; Mueller, E. & Elbers, J. (2010a). Galapagos and Cape Horn: ecotourism or greenwashing in two emblematic Latin American archipelagoes? *Environmental Philosophy* 7(2): 1-32.
- Rozzi, R.; Anderson, C.; Pizarro, J.C.; Massardo, F.; Medina, Y.; Mansilla, A.; Kennedy, J.H.; Ojeda, J.; Contador, T.; Morales, V.; Moses, K.; Poole, A.; Armesto, J.J. y Kalin, M.T. (2010b).

- Filosofía ambiental de campo y conservación biocultural en el Parque Etnobotánico Omora: aproximaciones metodológicas para ampliar los modos de integrar el componente social (“s”) en Sitios de Estudios Socio-Ecológicos a Largo Plazo (SESELP). *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 27-68.
- Rozzi, R.; Massardo, F.; Mansilla, A.; Anderson, C.; Berghöfer, A.; Mansilla, M.; Gallardo, M.R.; Plana, J.; Berghöfer, U.; Arango, X.; Russell, S.; Araya, P. y Barros, E. (2007). La Reserva de Biósfera Cabo de Hornos: un desafío para la conservación de la biodiversidad e implementación del desarrollo sustentable en el extremo austral de América. *Anales del Instituto de la Patagonia* 35: 55-62.
- Rozzi, R.; Massardo, F.; Berghoefer, A.; Anderson, C.; Mansilla, A.; Mansilla, M.; Plana, J.; Berghoefer, U.; Barros, E. & Araya, P. (2006a). *The Cape Horn Biosphere Reserve*. Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.
- Rozzi, R.; Massardo, F.; Anderson, C.; Heidinger, K. & Silander, J. Jr. (2006b). Ten Principles for biocultural conservation at the southern tip of the Americas: The approach of the Omora Ethnobotanical Park. *Ecology and Society* 11(1): 43. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art43/>.
- Rozzi, R. (2002). Biological and Cultural Conservation in the Archipelago Forest Ecosystems of Southern Chile. Ph.D. Dissertation. Storrs, Connecticut: Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut. USA.
- Rozzi, R. (1999). The reciprocal links between evolutionary-ecological sciences and environmental ethics. *BioScience* 49(11): 911-921.
- Rozzi, R.; Feinsinger, P. y Riveros, R. (1997). La Enseñanza de la Ecología en el Entorno Cotidiano. Módulo de Educación Ambiental. Ministerio de Educación de Chile, Santiago, Chile.
- Salick, J.; Fang, Z. & Hart, R. (2019). Rapid changes in eastern Himalayan alpine flora with climate change. *American journal of botany*, 106(4), 520-530.

- Salinas de León, P.; Andrade, S.; Arnés-Urgellés, C.; Bermudez, J.R.; Bucaram, S., Buglass, S. & Worm, B. (2020). Evolution of the Galapagos in the Anthropocene. *Nature Climate Change*, 10(5), 380-382.
- Scher, H.; Whittaker, J.; Williams, S.E.; Latimer, J.C.; Kordesch, W. & Delaney, M. (2015). Onset of Antarctic Circumpolar Current 30 million years ago as Tasmanian Gateway aligned with westerlies. *Nature* 523: 580-585.
- Scher, H. & Martin, E. (2006). Timing and climatic consequences of the opening of Drake Passage. *Science*, 312, 428-430.
- Schlesinger, W.H. & Bernhardt, E.S. (2013). *Biogeochemistry: An analysis of global change*. Elsevier, Waltham
- Tuhkanen, S.; Kuokka, I.; Hyvönen, J.; Stenroos, S. & Niemela, J. (1990). Tierra del Fuego as a target for biogeographical research in the past and present. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales* (Chile) 19(2): 5-107.
- Veblen, T.T.; Hill, R.S. & Read, J. (eds.) (1996). *The Ecology and Biogeography of Nothofagus Forests*. Yale University Press, New Haven.
- Viteri, C., & Chávez, C. (2007). Legitimacy, local participation, and compliance in the Galápagos Marine Reserve. *Ocean & Coastal Management*, 50(3-4), 253-274.
- Waters, C.N.; Zalasiewicz, J.; Summerhayes, C.; Barnosky, A.D.; Poirier... Jeandel, C. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* 351: 2622
- Waters, J.M.; López, J.A., & Wallis, G.P. (2000). Molecular phylogenetics and biogeography of galaxiid fishes (Osteichthyes: Galaxiidae): dispersal, vicariance, and the position of *Lepidogalaxias salamandroides*. *Systematic Biology*, 49(4), 777-795.
- Zalasiewicz, J.; Waters, C.N.; Williams, M.; Barnosky ... Haff, P.K. (2015). When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quaternary International* 383: 196-203.

ANEXO

A fines del 2001 ¡el discurso de las autoridades se había transformado! La Directora de Límites y Fronteras de la época, Embj. María Teresa Infante, junto con el Gobernador Barros, me invitaron a participar en representación de la comunidad científica a la ceremonia de apertura de la ruta de navegación que cruza el canal Beagle entre Puerto Navarino (Chile) y Ushuaia (Argentina). Esta invitación representa una expresión de esta experiencia colaborativa de ciencia y diplomacia en el extremo austral, que contribuyó a incorporar la noción de Laboratorio Natural Subantártico de Chile en el imaginario de las autoridades y programas de gobierno del Estado de Chile. Mi discurso fue breve y resaltó las singularidades de Cabo de Hornos para la ciencia en los siguientes términos:

Los invito a mirar en esta roca la diversidad de musgos entre los cuales se encuentra la nueva especie *Orthotrichum omorae* descubierta hace unas semanas en las rocas costeras de la isla Navarino. Puede que esta pequeña especie no les sorprenda tanto como un árbol alto, pero es precisamente lo distinto de la isla Navarino y su gente lo que estimuló al naturalista Carlos Darwin a pensar en la evolución humana. La isla Navarino es tan importante como las Islas Galápagos para la génesis de la teoría de la evolución y de nosotros depende comunicar este hecho para la educación y el turismo.

Fue aquí también en Navarino donde el arqueólogo Junius Bird en los años 1930s inició el trabajo que cambió la visión del poblamiento de América a partir de sus hallazgos en los conchales australes. Más aún, fue aquí en el extremo austral donde la Escuela Antropológica de Viena, a partir del trabajo de Martín Gusinde sobre la sofisticada cultura yagán, transformó la noción de progreso lineal en la historia humana.

En esta remota isla Navarino se encuentran también las huellas evolutivas y ecológicas de una historia de relaciones entre la Antártica y los trópicos. Es así que hoy nos sorprenden tanto las orquídeas, los loros y el colibrí que nos recuerdan el Amazonas, como los líquenes y los ñirres que nos recuerdan la pasada conexión con la Antártica.

En fin, la isla Navarino es un fascinante microcosmos, cuya singularidad biológica y cultural ha tenido la mayor importancia para las ciencias y la filosofía durante los dos últimos siglos. Pero esta singularidad exige el esfuerzo de la observación. La fragilidad y lo inusual de este musgo (*Orthotricum omorae*), nuevo para la ciencia, provee una señal para que el paso que se abre hoy tenga por finalidad principal cuidar y sacar brillo al singular tesoro del rincón más austral de las Américas.

La opción por desentrañar y comprender el valioso tesoro biocultural de Navarino, no solo favorecerá la sustentabilidad ambiental, sino que también permitirá que el puente de comunicación entre Ushuaia y Puerto Navarino constituya una frontera selectiva, cuidadosa e inteligente que prevenga la desintegración de lo singular. Esto demanda un trabajo intenso de parte del SAG, de aduanas, de operadores turísticos conocedores y respetuosos del patrimonio cultural y natural de la región subantártica chilena, y de políticas de desarrollo que se concentren, no tanto en importar e instalar acríticamente modelos extranjeros, sino más bien en exportar los paisajes y las nociones que brotan en Navarino para que estas continúen inspirando a la humanidad en sus sueños por un mundo bullente de vida para todos, incluyendo a la Comunidad Yagán, a todos los chilenos y seres humanos y otros seres vivos del planeta que crecen en hábitats tan inesperados como esta roca que cobija al pequeño musgo en Puerto Navarino.

Si antes de hacer una plantación de pinos o de construir un gran hotel o puerto, nos esforzamos por observar singularidades como este musgo y por compatibilizar los diversos intereses y las complejas necesidades ecológicas, culturales y económicas, entonces tendremos mayores opciones para mantener un mosaico

diverso en el paisaje del archipiélago austral. Este mosaico favorecerá la sustentabilidad de las actividades humanas ayudadas por organismos como este musgo, que continuará aportando a la formación del suelo fértil, y continuará atrayendo por largo tiempo a los admiradores de muchas regiones del mundo que visitarán la comuna Cabo de Hornos atraídos por su reticulada fuente de tesoros, enigmáticos para la ciencia, el turismo y la diversidad biocultural requerida para complementar la homogenización en la sociedad global del siglo XXI.

Como científicos, nos sentimos comprometidos y deseosos de participar en este delicado y a la vez que promisorio proyecto. Muchas gracias.

Ricardo Rozzi, Puerto Navarino, Chile, diciembre 5, 2001