LA RESERVA DE BIOSFERA CABO DE HORNOS: UN DESAFÍO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD E IMPLEMENTACIÓN DEL DESARROLLO SUSTENTABLE EN EL EXTREMO AUSTRAL DE AMÉRICA

CAPE HORN BIOSPHERE RESERVE: A CHALLENGE FOR BIODIVERSITY CONSERVATION, AND IMPLEMENTATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN SOUTHERNMOST SOUTH AMERICA.

Ricardo Rozzi [1,2,3], Francisca Massardo [1], Andrés Mansilla [4], Christopher B. Anderson [1,2], Augustin Berghöfer [1], Miguel Mansilla [5], María Rosa Gallardo [5], Jordi Plana [1,4], Uta Berghöfer [1,6], Ximena Arango [1], Shaun Russell [1,7], Pedro Araya [8] & Eduardo Barros [9]

I) CABO DE HORNOS: UNA NUEVA RESERVA DE BIÓSFERA PARA CHILE Y EL MUNDO

El Consejo Internacional de Coordinación del Programa sobre el Hombre y la Biosfera de la UNESCO aprobó, en su reunión anual del 27 de junio de 2005, nominar a la *Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos* ubicada en la Provincia Antártica Chilena, XII Región de Magallanes, postulada por el Gobierno de Chile.

Esta nueva reserva de la biosfera es la octava que se designa en Chile. Las siete reservas anteriores (Lauca, Fray Jorge, La Campana – Peñuelas, Juan Fernández, Araucarias, Laguna San Rafael y Torres del Paine) fueron creadas entre 1977 y 1984, y abarcan en su conjunto una extensión de 2.417.465 ha (Araya 2004). En el contexto nacional, la nueva Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos se destaca por:

- Integrar por primera vez ecosistemas terrestres y marinos.
- Es la primera que incorpora terrenos ubicados fuera del Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.
- Luego de 20 años desde la creación de la reserva anterior, Cabo de Hornos es la primera reserva de la biosfera chilena evaluada bajo el marco estatutario de la Estrategia de Sevilla de 1995.
- Su superficie triplica el área preexistente de reservas de la biosfera en el país, elevando la cifra nacional a un total de 7.301.739 ha.
- La Reserva de Biosfera Cabo de Hornos se constituye también en la mayor reserva del cono sur de Sudamérica.

El territorio reconocido por la UNESCO para la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos tiene una extensión de 4.884.274 ha, que comprende

[1] Parque Etnobotánico Omora, Sede Puerto Williams, Universidad de Magallanes
[2] Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Santiago
[3] Department of Philosophy and Religion Studies, University of North Texas, USA
[4] Departamento de Ciencias y Recursos Naturales, Universidad de Magallanes, Punta Arenas
[5] Laboratorio SIG, CERE, Universidad de Magallanes.
[6] The Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ), Alemania.
[7] International Centre for Protected Landscapes, University of North Wales, Gran Bretaña.
[8] Punto Focal Programa MaB, Corporación Nacional Forestal, Santiago
[9] SEREMI de Gobierno XII Región, Punta Arenas

Recibido: 25/09/2006 Aceptado: 28/06/2007

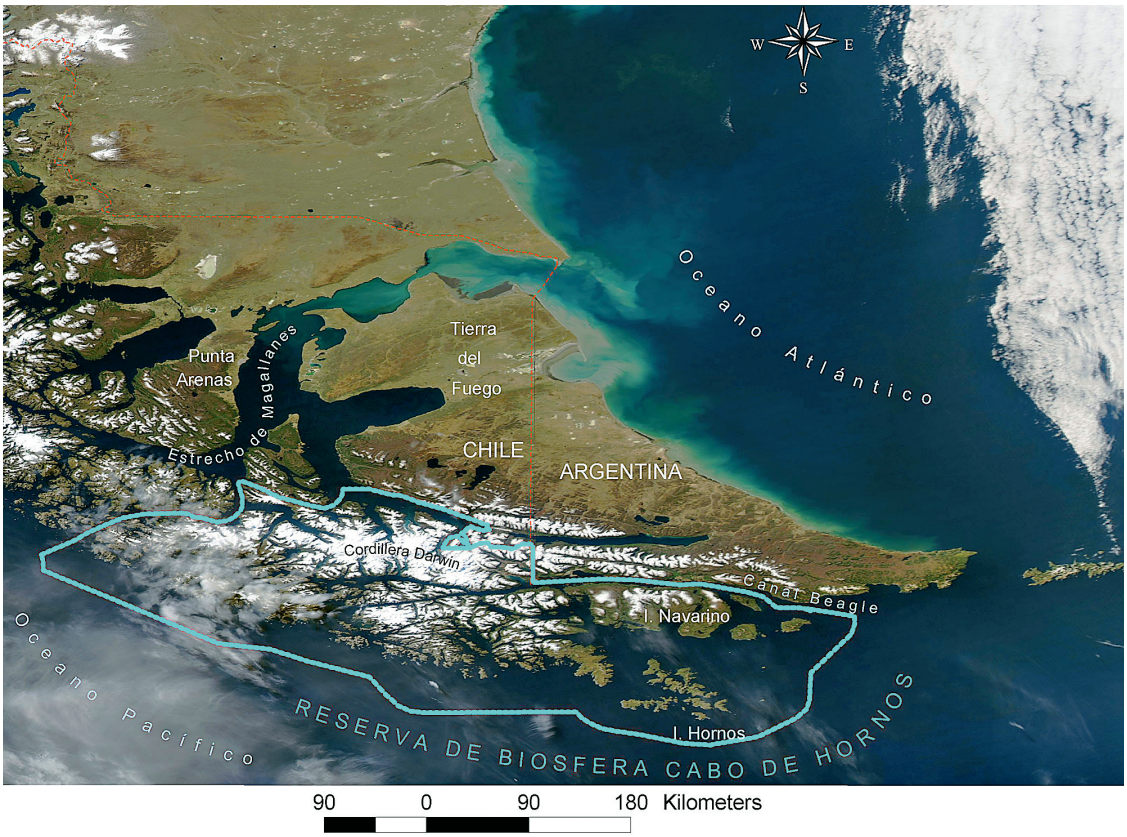

Fig. 1. Imagen satelital del área comprendida en la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos (demarcada por la línea celeste). Imagen elaborada por la Iniciativa de Reserva de Biosfera Cabo de Hornos, Laboratorio SIG, Universidad de Magallanes, y Fundación Omora.

2.967.036 ha de áreas marinas y 1.917.238 ha de áreas terrestres (Fig. 1).

La Región del Cabo de Hornos representa un hito para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial, lo que ha motivado la reciente creación de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos en el extremo austral de Chile (Rozzi *et al.* 2006a). Presentamos aquí una breve caracterización de la biodiversidad y su valor para la conservación a escala global, escala de paisajes y ecosistemas, y a escala de especies y poblaciones, como parte del compromiso que la Universidad de Magallanes, junto al Instituto de Ecología y Biodiversidad de Chile (IEB) y a la Fundación Omora, han asumido respecto a la generación de información ecológica de base que sirva de insumo para la toma de decisiones y procesos de implementación de esta nueva reserva de biosfera.

II) ATRIBUTOS ESENCIALES DE LA BIODIVERSIDAD DE CABO DE HORNOS A NIVEL MUNDIAL

El extremo sur del continente americano incluye un área extensa y remota de bosques templados: los bosques magallánicos sub-antárticos o sub-polares, que han sido recientemente identificados como una de las 37 ecorregiones más prístinas del mundo (Mittermeier *et al.* 2002, Rozzi *et al.* 2004a). Esta identificación se basa en el carácter remoto, "virgen" y exótico o singular de la biota del extremo austral de América. Más aún, esta ecorregión corresponde a una de las únicas áreas a nivel mundial donde se conservan bosques templados no fragmentados o alterados (Silander 2000). Los bosques templados de América y del resto del mundo han sufrido un impacto aún más intenso y prolongado que los bosques tropicales, puesto que constituyeron el lugar de colonización de los inmigrantes europeos durante

los últimos siglos (Crosby 1974). Hoy, el archipiélago de Cabo de Hornos es, además, uno de los pocos grupos insulares del planeta que actualmente permanecen libres de impacto humano (Rozzi *et al.* 2006b).

El Cabo de Hornos es el punto forestado más austral del orbe. Esta situación de extremo, como *"cumbre sur" del* continente americano, constituye un hito biogeográfico mundial tan importante como el Monte Everest, la cumbre más elevada del planeta. Ambas áreas comparten condiciones climáticas rigurosas, poblaciones sometidas a condiciones latitudinales o altitudinales extremas. Finalmente, "ambas cumbres" constituyen referencias geográficas que definen la topografía del globo terrestre y no tienen réplica alguna en el mundo entero: por lo tanto, su conservación es un requisito *sine quanon* para la integridad del planeta.

Los atributos esenciales de los ecosistemas terrestres y marinos de la región insular del Cabo de Hornos que constituyen a la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos en un sitio único a nivel mundial, pueden resumirse en los siguientes puntos (modificados de Rozzi *et al.* 2004a, 2006a), para los ecosistemas terrestres (II.a), marino-costeros (II.b) y territorio global (II.c), respectivamente:

II.A) ATRIBUTOS ESENCIALES DE LA BIODIVERSIDAD DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES DE LA RESERVA DE BIOSFERA CABO DE HORNOS:

1) constituyen los ecosistemas forestales más australes del planeta;

2) representan uno de los escasísimos casos de bosque templado no fragmentado en el mundo;

3) han sido identificados como una de las áreas silvestres más prístinas del mundo, incluyendo no sólo bosques sino también formaciones de tundra, altoandinas, glaciares y ecosistemas dulceacuícolas únicos;

4) los atributos anteriores determinan que estos ecosistemas representen un refugio natural para especies que se encuentran amenazadas, tales como el pájaro carpintero gigante o negro (*Campephilus magellanicus*), el pájaro carpintero más grande del mundo;

5) representan el extremo de latitud sur para la distribución de muchos taxa animales y florísticos a nivel de especies, géneros, familias e incluso órdenes y clases;

6) su aislamiento y ubicación extrema en el hemisferio sur, transforma al Cabo de Hornos en un laboratorio natural único para el estudio de procesos evolutivos y de diferenciación genética.

II.B) ATRIBUTOS ESENCIALES DE LA BIODIVERSIDAD DE LOS ECOSISTEMAS MARINO-COSTEROS DE LA RESERVA DE BIOSFERA CABO DE HORNOS:

1) las zonas marinas comprendidas entre los Parques Nacionales Alberto de Agostini y Cabo de Hornos, corresponden a un área representativa de los ambientes marinos subantárticos;

2) constituyen un importante punto oceanográfico a nivel mundial. Se trata de una región afectada por distintos tipos de procesos y masas de agua de importancia para la regulación del clima global a escala planetaria: masas de agua antárticas subsuperficiales y masas de agua relacionadas con la Corriente de Deriva del Oeste del Pacífico Sur. Esta última origina la corriente de Cabo de Hornos y a la corriente de Humboldt, de gran importancia para la industria pesquera a nivel mundial;

3) comprenden una muestra representativa del componente marino biogeográfico magallánico subantártico con algunos componentes antárticos, generándose una zona de interfase única;

4) la gran diversidad y heterogeneidad de hábitats marino-costeros hace que la zona presente gran diversidad de algas, de algunos grupos de invertebrados y de vertebrados marinos;

5) un elevado grado de endemismo en grupos faunísticos y florísticos (Moreno & Jara en Fernández *et al.* 2000, Fernández *et al.* 2000, Crisci *et al.* 1991 en Camus 2001);

6) representa el extremo de latitud sur de distribución de *Macrocystis pyrifera*, alga parda que forma los bosques (*kelps)* más australes del mundo y todavía sin

grandes perturbaciones; estas praderas mantienen una elevada biodiversidad y actúan como soporte o refugio para muchas especies o como alimento para otras;

7) el Cabo de Hornos representa un hito en la historia de la navegación como un cabo afectado por grandes oleajes y tempestades, constituyendo el paso interoceánico más austral del planeta entre los océanos Pacífico y Atlántico a 56°S. Asimismo, es el punto de encuentro entre los dos océanos mencionados y el océano sur, en el sector norte de la corriente Circumpolar (Paso Drake).

II.C) ATRIBUTOS ESENCIALES DE LA BIODIVERSIDAD GLOBAL DE LA RESERVA DE BIOSFERA CABO DE HORNOS:

1) desde el punto de vista de las poblaciones humanas, también representa el territorio más austral del planeta con poblamiento precolombino, puesto que el territorio propuesto hoy para la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos coincide con el territorio ancestral del pueblo Yámana o Yagán;

2) el conjunto de atributos anteriores, junto al efecto de barrera biogeográfica impuesta por las altas montañas y glaciares de la Cordillera Darwin o Andes Fueguinos, convierten al territorio insular del Cabo de Hornos en una unidad biocultural única a nivel mundial (identificada como hábitat de poblaciones animales y florísticas diferenciadas y el territorio amerindio yagán);

3) hoy representa la zona con la población humana residente más austral expuesta a los efectos del aumento de radiación ultravioleta resultante del adelgazamiento de la capa de ozono;

4) por su latitud extrema bajo condiciones oceánicas isotérmicas, estos ecosistemas del extremo austral constituyen un sitio ideal para el monitoreo de los patrones y efectos del calentamiento global.

III) MOSAICO DE PAISAJES Y ECOSISTEMAS DE LA RESERVA DE BIOSFERA CABO DE HORNOS

A escala de paisajes y ecosistemas, los ecosistemas forestales del territorio insular del Cabo de Hornos se encuentran embebidos dentro de un mosaico de diversos hábitats que han estado libres de impacto humano directo. Además, a nivel de paisajes, el extremo sur ofrece una notable diversidad de tipos de hábitats. Por ejemplo, el mosaico de ecosistemas terrestres incluye: a) bosques siempreverdes de hoja ancha, dominados por *Nothofagus betuloides* y *Drimys winteri*; b) bosques deciduos dominados por *Nothofagus pumilio* y/o *N. antarctica;* c) hábitats alpinos con formaciones de plantas de cojín y praderas de líquenes (e.g., *Neuropogon* sp.); d) un diversificado complejo de formaciones de tundra que abarca desde humedales de juncáceas hasta turberas de *Sphagnum* spp.; e) glaciares y ventisqueros; f) una serie de ecosistemas dulceacuícolas (Rozzi *et al.* 2006a,b).

Cabe destacar también que los ecosistemas terrestres se encuentran en sistemas insulares, en medio de un intrincado sistema de fiordos, canales, estuarios y bahías. Por ejemplo, las aguas y hielos continentales cargados de materia orgánica y sedimentos que desembocan en el mar, construyen hábitats particulares colonizados por especies características; los aportes de agua de mar en forma de *spray* marino transportado hacia las costas por los fuertes vientos tan comunes en la zona, constituyen una inyección de sales minerales esencial para los ecosistemas terrestres aledaños; la presencia de aves propias de ecosistemas andinos, como el cóndor, es en estas latitudes, visitante frecuente de las zonas intermareales en busca de alimento, algunas especies de aves marinas como el albatros y el petrel aportan nutrientes a los sistemas terrestres. Existe así integración entre los flujos de materia y energía entre los sistemas marinos y terrestres en esta región archipelágica (Rozzi *et al.* 2006b). Sin embargo, con fines de claridad describiremos por separado una síntesis de los tipos de ecosistemas y paisajes terrestres (III.a) y marino-costeros (III.b) más representativos de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos.

III.A) MOSAICO DE PAISAJES Y ECOSISTEMAS TERRESTRES

El territorio insular de Cabo de Hornos está comprendido dentro del bioma de Bosques Templados de Hoja Ancha y Mixtos (véase Olson *et al.* 2001). Entre las ecorregiones que conforman este bioma, los ecosistemas del Cabo de Hornos forman parte de la ecorregión de Bosques Lluviosos Siempreverdes Subpolares (o Subantárticos) de

Magallanes. Dentro de esta ecorregión, el territorio que abarca la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos incluye un contrastante mosaico de ecosistemas con características singulares y únicas a nivel mundial. Tal es el caso de los bosques siempreverdes de coigüe de Magallanes *(Nothofagus betuloides)*, que además de estar dominados por esta especie arbórea endémica, presentan marcadas variaciones respecto al sotobosque y cubierta herbácea en función del régimen pluviométrico. Por ejemplo, el sotobosque y piso de este bosque está dominado por una diversa y densa cubierta de especies de hepáticas y musgos hacia los extremos lluviosos (zonas oeste cercanas al océano Pacífico), por helechos (e.g., *Gleichenia quadripinnata, Blechnum penna-marina*) y juncáceas (*Marsippospermum grandiflorum*) en las zonas más mésicas, y por arbustos bajos como *Empetrum rubrum, Lebetanthus myrsinites*.

Los grandes tipos de formaciones vegetacionales que incluyen los bosques siempreverdes, bosques deciduos, complejo de tundra de Magallanes y zonas al altoandinas en la zona del Cabo de Hornos, tienen una distribución estrechamente relacionada con el marcado gradiente de pluviometría que disminuye de oeste a este (Fig. 2). A continuación presentamos una concisa síntesis de los tipos de ecosistemas terrestres del territorio insular de Cabo de Hornos (véase también Pisano 1977, 1980, Dollenz 1980, Rozzi *et al.* 2004a, 2006a,b).

1) Bosques lluviosos siempreverdes sub-polares de Magallanes. Estos bosques crecen en los bordes costeros de los canales australes y están dominados por la especie arbórea endémica *Nothofagus betuloides* o coigüe de Magallanes, junto a otras especies siempreverdes, el canelo (*Drimys winteri*) y leña dura (*Maytenus magellanica*). Este es un bosque húmedo con un estrato arbustivo medianamente desarrollado y dominado por michay (*Berberis ilicifolia*) y la zarzaparrilla (*Ribes magellanicum*), siendo además muy abundante los musgos, hepáticas, helechos, líquenes y hongos. Su fisionomía es compleja y multiestratificada.

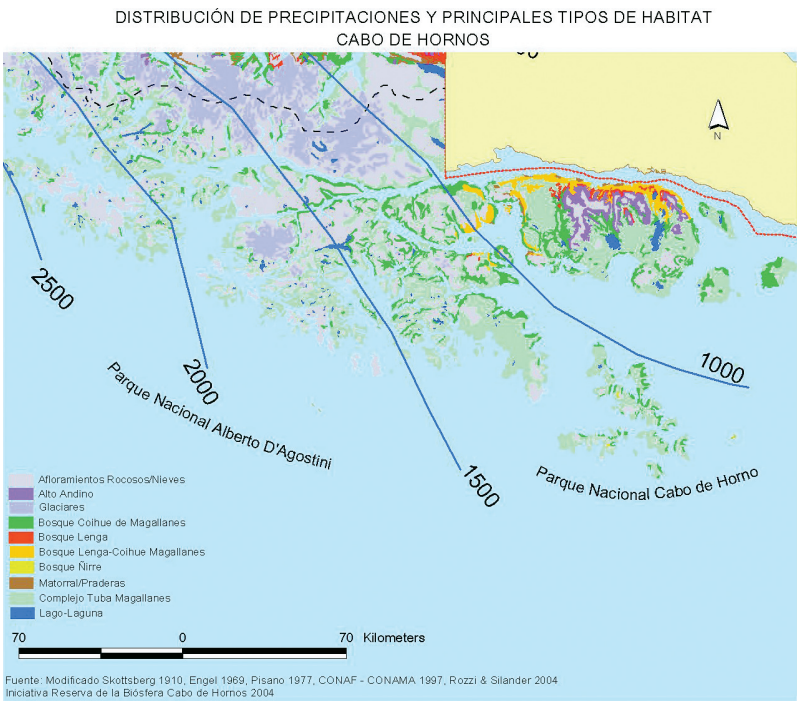

Fig. 2. Principales tipos de hábitats terrestres en la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos con la superposición de las curvas de precipitación anual. Esta figura permite distinguir dos grandes sectores: (i) una vasta zona ubicado al sudoeste de la isoyeta 1000mm que abarca las formaciones del Complejo de Tundra de Magallanes, los Bosques Lluviosos Siempreverdes Subantárticos de Magallanes y Glaciares, y (ii) otra zona al noroeste de la isoyeta 1000 mm que incluye formaciones de Bosque Mixto, Bosques Deciduos de Lenga y formaciones altoandinas. Imagen elaborada por la Iniciativa de Reserva de Biosfera Cabo de Hornos, Laboratorio SIG, Universidad de Magallanes, y Fundación Omora.

2) Bosques subantárticos de ñirre. En el extremo austral se encuentran bosquetes dominados por *Nothofagus antarctica* en sectores húmedos de mal drenaje, donde los árboles alcanzan unos 15 m de altura, están abundantemente cubiertos del liquen "barba de viejo" (*Usnea* sp.) y sus troncos albergan abundantes dihueñes de las especies de hongos *Cyttaria hookeri* y *C. darwinii*. *Nothofagus antarctica* crece también en forma achaparrada formando parte del límite arbóreo en las cumbres montañosas.

3) Bosques deciduos lenga. Este tipo de bosque dominado por la lenga (*Nothofagus pumilio*), crece sobre las zonas de buen drenaje y caracteriza a la mayor parte de las laderas de Magallanes.

Al igual que *N. antarctica*, la lenga es una especie decidua que adquiere vivas tonalidades en otoño. Su sotobosque está pobremente desarrollado, y consiste principalmente de un estrato herbáceo y de arbustos bajos.

4) Bosques mixtos de lenga y coigüe de Magallanes. Este tipo de bosque combina especies siempreverdes y deciduas, siendo co-dominado por la lenga (*Nothofagus pumilio*) y el coigüe (*N. betuloides).* Se extiende sobre las zonas más protegidas del viento y con relativamente buen drenaje. Constituye el hábitat preferido por especies de aves que nidifican en cavidades, tales como el carpintero negro (*Campephilus magellanicus)*, que es la especie de pájaro carpintero más grande de Sudamérica (Arango & Rozzi 2005).

5) Hábitats alto-andinos. Por sobre el límite arbóreo se encuentran los hábitats altoandinos, caracterizados por una alta diversidad de especies de líquenes que crecen entre las rocas, plantas de cojín, arbustos y árboles en forma de *krumholz*. Los hábitats altoandinos presentan pisos altitudinales que desde el límite arbóreo hacia arriba incluyen: i) zona subandina, dominada por arbustos bajos; ii) andino intermedio, dominada por una vegetación de plantas en cojín; iii) andina desértica, dominada por sustratos pedregosos o rocosos con dominancia de líquenes; iv) andina antártica, que corresponde a las altas cumbres con hielos permanentes.

Algunos de los géneros o especies de líquenes que crecen en estas zonas altas son comunes con taxa que crecen en el territorio antártico, y expresan de esta manera las íntimas conexiones ecológicas y biogeográficas entre ambas regiones. La fauna de aves en la zona alpina es también diferente de la boscosa encontrándose especies como la perdicita cordillerana. Finalmente, en estos sectores se encuentran pozas y lagunas temporales o permanentes que se congelan durante la mayor parte del año, y que en la estación reproductiva de verano exhiben una fauna de invertebrados acuáticos muy poco estudiada. Algunos de estos organismos pueden ser importantes indicadores para el estudio y monitores de las consecuencias del aumento de la radiación ultravioleta sobre sistemas expuestos a radiación directa prolongada.

6) Complejo de Tundra de Magallanes: vastas zonas del archipiélago están dominadas por la tundra, que incluye las siguientes formaciones principales:
6.i) Tundra de Sphagnum, turberas formadas por especies de musgos del género *Sphagnum* (*S. magellanicum* y *S. fimbriatum)* que cubren amplias zonas de la región insular del Cabo de Hornos. Estas zonas representan una gran reserva de CO_2 en la biomasa de materia orgánica muerta que se acumula bajo los cojines de este musgo. En estas turberas se encuentra una flora peculiar que incluye la mirtácea más pequeña del planeta (*Myrteola numularia*).
6.ii) Tundra de plantas en cojín, zonas perhúmedas con mal drenaje, dominadas por un mosaico de plantas de cojín de géneros tales como *Astelia, Azorella, Laretia* y *Bolax*. Estas plantas expresan la afinidad andina de la flora del Cabo de Hornos.
6.iii) Humedales de junquillar, zonas de humedal dominadas por la juncáea *Marsippospermum grandiflorum*. Esta formación es habitada por especies de aves como las becasinas *Gallinago paraguaiae* y *Gallinago stricklandii*. Este hábitat es muy importante culturalmente, puesto que es el lugar donde la comunidad yagán obtiene las fibras de junquillo para su cestería tradicional.

7) Glaciares. Extensas zonas de glaciares se ubican en la cordillera Darwin, y se descuelgan sobre el brazo noroeste del canal Beagle, como también en el seno Ponsonby. En torno a los hielos se encuentran morrenas laterales y terminales, con acumulaciones rocosas, cursos de agua, determinando una flora de líquenes, pequeñas plantas vasculares, fauna de insectos y árboles de *Nothofagus antarctica* o *N. betuloides* colonizando los espacios dejados por el retroceso de los glaciares.

III.B) MOSAICO DE PAISAJES Y ECOSISTEMAS MARINO-COSTEROS

Los ecosistemas marinos y costeros de la zona considerada en la Reserva de Biosfera sustentan una elevada biodiversidad favorecida por la gran cantidad y variedad de hábitats disponibles. En esta gran heterogeneidad regional se distinguen varios tipos de zonas intermareales y fondos marinos que determinan distintas biotas presentes en cada uno de ellos. Encontramos costas expuestas a distintas orientaciones y por tanto sujetas a diferentes regímenes

oceanográficos, como las costas sometidas al fuerte oleaje en Cabo de Hornos, las zonas más protegidas en el canal Beagle y gran cantidad de bahías. Las zonas intermareales incluyen diferentes características como playas de arena, playas de bolones y rocas, y en muchas ocasiones acantilados que se hunden directamente en el mar. Por otro lado, los distintos tipos de fondos marinos abarcan desde las arenas y lodos de varias bahías y senos, hasta los fondos formados por bolones de distintos tamaños y aquellos puramente rocosos (Mansilla *et al.* en preparación). La heterogeneidad abarca también las características de las masas de agua: desde las puramente oceánicas hasta las fuertemente influenciadas por los aportes de agua dulce de ríos, precipitaciones y glaciares, con diferencias en salinidad, turbidez, temperatura y composición biológica.

En las zonas costeras de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos se desarrollan extensas praderas y cinturones de grandes algas pardas: *Macrocystis pyrifera* en la zona submareal, varias especies de *Lessonia* sp. en el intermareal y en regiones submareales, y *Durvillaea antartica* en las zonas más expuestas del intermareal (Moreno & Jara 1984, Ojeda & Santelices 1984, Vásquez & Castilla 1984, Vásquez *et al.* 1984). Los cinturones de algas pardas dominados por especies de *Lessonia* y *Macrocystis pyrifera* predominan en la zona norte de la reserva, en cambio *Durvillaea antartica* domina en las zonas australes y expuestas al océano (Fig. 3).

Estas grandes extensiones submareales ocupadas por algas gigantes como *Macrocystis pyrifera* junto con varias lessoniaceas, como también los cinturones de *Durvillaea antarctica,* albergan una gran diversidad de comunidades de invertebrados y macroalgas y en su conjunto estos "bosques de algas pardas" (o "kelps") australes podrían denominarse metafóricamente como los "bosques submarinos de Cabo de Hornos".

Geomorfológicamente, el borde continental desde Chiloé hasta el Cabo de Hornos es un gran sistema insular con profusión de golfos, fiordos y canales, un paisaje complejo resultado de procesos tectónicos y glaciaciones (Camus 2001). El área propuesta para la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos contiene un mosaico de ecosistemas costeros y marinos representativos de la región subantártica, lo que favorece su biodiversidad.

Los hábitats marinos están determinados por las características geomorfológicas del sitio, profundidad, orientación, exposición al oleaje, corrientes oceánicas, aportes de agua dulce continentales y aportes glaciares. Existen varios tipos de intermareales y fondos marinos que, junto con las características oceanográficas particulares de la zona, determinan las biotas presentes en ellos.

Los ambientes más estables (playas y fondos rocosos o formados por grandes bolones) sustentan mayor biodiversidad que otros más

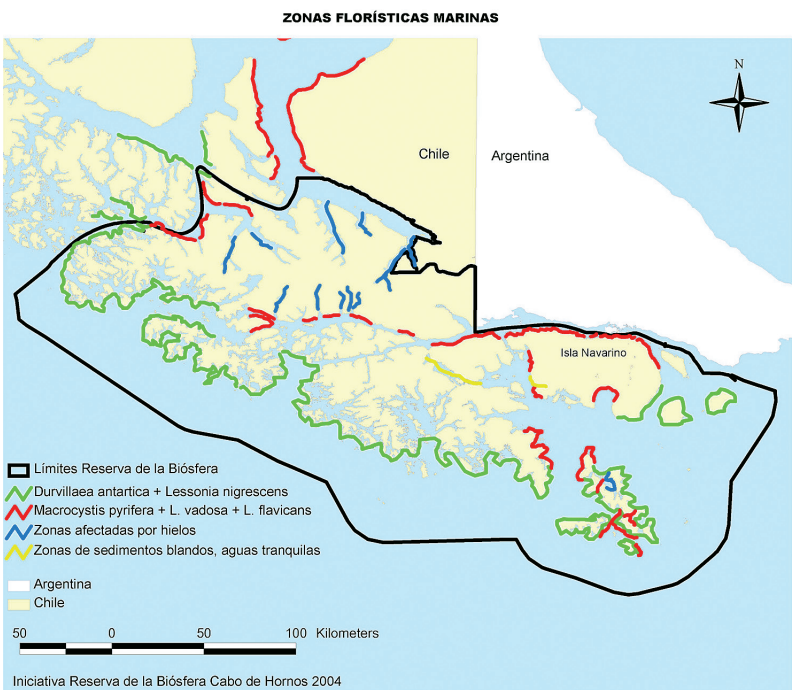

Fig. 3. Principales zonas florísticas costero-marinas en la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos. En los sectores protegidos hacia el norte de la reserva predominan las comunidades de algas pardas dominadas por especies de *Lessonia* y *Macrocystis pyriferea*; en los sectores expuestos hacia el sur de la reserva, predominan las comunidades de algas pardas dominadas por *Durvillaea antartica*. Imagen elaborada a partir de Mansilla y Plana (en preparación), por la Iniciativa de Reserva de Biosfera Cabo de Hornos, Laboratorio SIG, Universidad de Magallanes, y Fundación Omora.

inestables (gravas y arenas), donde el movimiento del medio que sirve como sustrato y refugio a muchos organismos impide su asentamiento, establecimiento y posterior crecimiento. La región submareal presenta mayor variabilidad de su composición en las zonas poco profundas cercanas a la costa, donde es posible encontrar fondos rocosos o formados por bolones y bloques. Estas zonas son ocupadas preferentemente por grandes algas pardas como *Macrocystis pyrifera, Lessonia vadosa, L. flavescens, L. trabeculata* y *Gigartina skottsbergii*. Más lejos de la región intermareal, normalmente los fondos están dominados por sedimentos más finos (arena), incluso lodo en el interior de las grandes bahías y senos.

En general los patrones de distribución latitudinal varían entre los distintos taxa (Fernández *et al.* 2000). Los procesos de especiación más importantes probablemente se dan en torno a las regiones templado-frías subantárticas del sur de Sudamérica (Santelices 1982, en Edgar 1986) y una de las posibles causas es que al sur de los 42°S se produce una pronunciada diversificación de hábitats, en comparación con el resto de la costa hacia el norte (Santelices & Meneses 2000).

IV) ATRIBUTOS SINGULARES DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES Y POBLACIONES EN LA RESERVA DE BIOSFERA CABO DE HORNOS

A escala de especies y poblaciones, se puede decir que hasta hoy la riqueza biológica de los bosques del Cabo de Hornos y de la ecorregión de los bosques lluviosos subantárticos o sub-polares había quedado subestimada. Esto, debido a que los análisis anteriores sobre biodiversidad estaban basados exclusivamente en vertebrados y plantas vasculares, omitiendo otros grupos de organismos como la flora no-vascular. Análisis recientes han mostrado que la ecorregión subantártica de Magallanes incluye la mayor diversidad de especies de flora no-vascular de Chile, y constituye un *hotspot* de diversidad de briófitas a nivel mundial (Rozzi *et al.* 2006b). En esta zona crecen más de 300 especies de hepáticas y más de 450 especies de musgos.

¡Estas 750 especies de briófitas representan más de un 5% de las briófitas conocidas en el planeta entero! A estas ricas comunidades de musgos y hepáticas, incluyendo también las más de 300 especies de líquenes, la hemos denominado los "bosques en miniatura del Cabo de Hornos" (Rozzi *et al.* 2005, Rozzi 2006). Los musgos, hepáticas y líquenes suelen ser indicadores muy sensitivos de cambios de temperatura, regímenes de precipitación y niveles de radiación ultravioleta (por ejemplo, asociados al debilitamiento de la capa de ozono). Por lo tanto, la alta diversidad de briófitas ofrece un sistema ideal para estudios de ecología funcional, permitiendo comparaciones con otros ecosistemas de bosques templados caracterizados por una mayor diversidad de flora vascular.

La riqueza biológica de los ecosistemas costeros y marinos de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos presenta varios aspectos biogeográficos interesantes si se compara con el resto de la costa chilena: la región al sur de los 50°S representa un "hotspot" de diversidad de algunos grupos de invertebrados y mamíferos marinos; la riqueza de especies de aves también presenta un máximo de diversidad (Fernández *et al.* 2000); si bien la diversidad de la ictiofauna costera disminuye al aumentar la latitud, incrementa su endemismo (Ojeda *et al.* Moreno & Jara en Fernández *et al.* 2000). La flora marina de esta región es relevante por su alta riqueza de especies, el grado de endemismo y por su carácter subantártico (Fernández *et al.* 2000, Santelices & Meneses 2000).

La diversidad en muchos grupos taxonómicos y el grado de endemismo se relacionan con la historia geológica y oceanográfica de la región y la gran heterogeneidad de hábitats marinos que muestra el extremo austral sudamericano. La alta riqueza y endemismo de especies que se encuentra en algunos taxa, como por ejemplo los briozoos, es un rasgo interesante, puesto que sugiere una disminución de los rangos de distribución latitudinal, que junto al aumento de diversidad hacia latitudes altas, expresan un patrón opuesto al propuesto por la generalizada Regla de Rappoport (Stevens 1989).

En cuanto a los patrones batimétrico-latitudinales de distribución de invertebrados, también pueden observarse ciertas tendencias a lo largo de la costa sudamericana del Pacífico. El punto de quiebre biogeográfico, alrededor de los 42°S, es más intenso para las especies de aguas poco profundas que para aquellas de aguas profundas (Brattstrom & Johanssen 1983 en Fernández *et al.* 2000). Además, el número de especies de origen norteño

es mayor en aguas superficiales, mientras que el número de especies de origen sureño es mayor en aguas profundas (Brattstrom & Johanssen 1983 en Fernández *et al.* 2000).

A nivel de poblaciones, un gran número de especies de plantas y animales tanto terrestres como marinos, se encuentran en los ecosistemas de la región del Cabo de Hornos en el extremo latitudinal de su ámbito de distribución. Bajo esta perspectiva, la región del Cabo de Hornos es muy interesante por su diversidad genética. Más aún si se considera que estas poblaciones enfrentan condiciones climáticas y oceanográficas rigurosas y con un alto grado de aislamiento geográfico debido a los canales marinos y barreras montañosas.

Por ejemplo, en la isla Hornos se encuentran las poblaciones más australes del árbol *Drimys winteri,* una especie con amplia distribución geográfica a lo largo del gradiente latitudinal (33-56°S). Las poblaciones de *D. winteri* de isla Hornos presentan marcadas diferencias genéticas comparadas con poblaciones continentales de esta especie (Herkowitz en preparación). La flora marina también ofrece ejemplos, como las poblaciones más australes de *Macrocystis pyrifera*, una especie de alga parda que en Chile tiene un rango latitudinal entre los 30°S hasta los 56°S y que en la región forma verdaderos bosques submarinos. Está bajo estudio la posible diferenciación genética de estas poblaciones a lo largo de su amplia distribución latitudinal (Mansilla *et al.* en preparación).

V) EL ESTADO VIRGEN DE LA RESERVA DE BIOSFERA CABO DE HORNOS: UN ÁREA GEOGRÁFICAMENTE REMOTA Y UNA RESERVA MILITAR DE LA ARMADA DE CHILE

El carácter prístino de Cabo de Hornos se debe en gran medida a su carácter remoto y a la presencia de la Armada de Chile que ha administrado este territorio a modo de una reserva militar que ha contribuido a la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, esta condición está cambiando rápidamente, y esta zona se encuentra actualmente amenazada biológica y culturalmente (Rozzi *et al.* 2003, 2004a,b,c) debido a tres razones principales: 1) mejoramiento de la conectividad aérea, marítima y terrestre (vía Ushuaia); 2) disminución del control territorial por parte de la Armada de Chile y apertura de nuevas áreas abiertas a la navegación turística; y 3) un explosivo aumento por el interés en el desarrollo turístico en Cabo de Hornos (García 2004). Esta ultima actividad involucra desarrollo de infraestructura y aumento de la intensidad y extensión de las visitas turísticas que podría tener graves consecuencias para la introducción de especies de flora exóticas, aspecto del cual el archipiélago Cabo de Hornos se encuentra libre en la actualidad (Rozzi *et al.* 2004b). En cuanto a la fauna exótica, especies como el castor y el visón se están expandiendo rápidamente, modificando dramáticamente la composición de las comunidades vegetales y de avifauna (Anderson *et al.* 2006a,b, Rozzi & Sherriffs 1993). En este contexto, el control de exóticas y la protección de la biodiversidad constituyen variables fundamentales para alcanzar el desarrollo sustentable en la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos (Barros & Harcha 2004).

Uno de los instrumentos más importantes que tienen las reservas de biosfera para alcanzar los objetivos de conservación y desarrollo sustentable es su modelo de ordenamiento territorial, que considera tres tipos de zonas: núcleo, tampón o amortiguamiento, y transición. La superficie total de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos es de 4.884.273,46 ha e incluye: 1.347.417,01 ha de área núcleo, 1.711.318,34 ha de zona tampón y 1.891.901,89 ha de zona de transición (Fig. 4).

Las *zonas núcleo* (señaladas en color verde en el mapa de zonificación) comprenden la totalidad del Parque Nacional Cabo de Hornos y la casi totalidad del Parque Nacional Alberto de Agostini. Ubicados en un área geográfica remota, ambos parques nacionales han recibido escasa atención hasta ahora. Carecen de planes de manejo, de infraestructura, bases sistematizadas de datos biológicos y tampoco cuentan con personal de apoyo. Recientemente la actividad turística ha comenzado a intensificarse en el área de ambos parques, lo que aumenta la necesidad de implementar programas de conservación y capacitar personal. El objetivo general de las áreas núcleo incluidas en estos parques nacionales es proteger la integridad de los ecosistemas sub-antárticos, tanto respecto a la composición de sus especies como a las interacciones entre las especies que conforman parte de las comunidades bióticas y los procesos ecosistémicos. Por ello, en las zonas

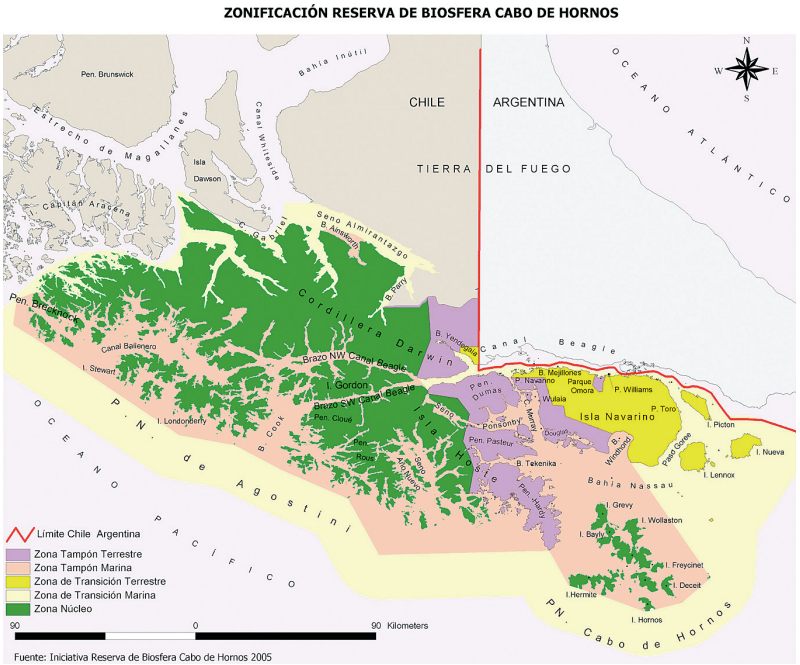

Fig. 4. Zonificación de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos, ilustrando: 1) zonas núcleo que corresponden en su totalidad a áreas incluidas dentro de parques nacionales administrados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF); 2) zonas tampón terrestres que corresponden casi totalmente a tierras fiscales administradas por el Ministerio de Bienes Nacionales y a la franja costera bajo tuición del Ministerio de Defensa de Chile; 3) zonas tampón marinas ubicadas en aguas interiores administradas por el Ministerio de Defensa de Chile y Subsecretaría de Pesca; 4) zonas de transición terrestres donde se encuentra la ciudad de Puerto Williams y otros pequeños asentamientos humanos; y 5) zonas de transición marinas que abarcan el área que rodea a las zonas tampón marinas. Imagen elaborada por la Iniciativa de Reserva de Biosfera Cabo de Hornos, Laboratorio SIG, Universidad de Magallanes, y Fundación Omora.

núcleo no se permite ningún tipo de construcción para alojamiento. Las zonas núcleo se reservan como el atractivo virgen que constituye el "imán turístico" y joya natural que le ha correspondido administrar a Chile, como es el caso del Archipiélagos de Cabo de Hornos o islas Wollaston, protegidas bajo su calidad de Parque Nacional Cabo de Hornos.

En las zonas tampón o de amortiguamiento (señaladas en color lila en el mapa de zonificación) se promueve la realización de actividades de bajo impacto como ecoturismo o pesca artesanal. Las *zonas tampón* terrestres incluyen principalmente áreas que fueron identificadas por los estudios coordinados por la Comisión Nacional del Medio Ambiente como *Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad en la Región de Magallanes y Antártica Chilena* (Fig. 5), considerándose aquellos incluidos en el territorio de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos. Estos estudios se realizaron en el marco de "Estrategia Nacional y Plan de Acción para la Biodiversidad" (Rozzi & Massardo 2002[1]). Estos sitios incluyen ecosistemas únicos tales como los bosques antiguos del sector oeste de isla Navarino (canal Murray, Puerto Inútil, Wulaia), los hábitats altoandinos en los Dientes de Navarino, el mosaico de ecosistemas subantárticos en el Parque Etnobotánico Omora o el valle glaciar en Yendegaia. La *zona tampón* marina considera zonas de especial interés para la conservación de la biodiversidad y de extraordinaria belleza paisajística, que permitirían el desarrollo de actividades de pesca artesanal sustentable y ecoturismo controlado, incluyéndose Bahía Ainsworth y las aguas interiores que rodean a las zonas núcleo y tampón terrestre. Estas áreas designadas como tampón marino fueron acordadas en consenso entre las instituciones responsables: bajo la coordinación de las autoridades de Gobierno, encabezadas por el Sr. Intendente de la Región de Magallanes (quien preside la Comisión de Borde Costero), el Sr. Gobernador de la Provincia Antártica Chilena, la Armada de Chile y la responsabilidad técnica de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), con consultas a la Subsecretaría de Marina, Subsecretaría de Pesca y Servicio Nacional de Pesca.

Las *zonas de transición* están señaladas en color amarillo en el mapa de zonificación y abarcan el territorio de la Comuna Cabo de Hornos, tanto terrestre como marino, ubicado fuera de las zonas núcleo y tampón. Respecto a las zonas de transición terrestres, éstas incluyen la mayor parte de la isla Navarino, las islas Nueva, Picton y Lennox, y el sector sudeste de bahía Yendegaia. Las zonas de transición marinas abarcan el área que rodea a las zonas tampón marinas. Por el sur y el este, esta área se extiende

Rozzi, R. y F. Massardo (coordinadores). 2002. Antecedentes de Biodiversidad y Sitios Prioritarios en la Comuna Cabo de Hornos: Recopilación de Información sobre los Ecosistemas Subantárticos en Apoyo a la *Estrategia Nacional y Plan de Acción para la Biodiversidad*. Informe Técnico. Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA XII Región, Punta Arenas, Chile.

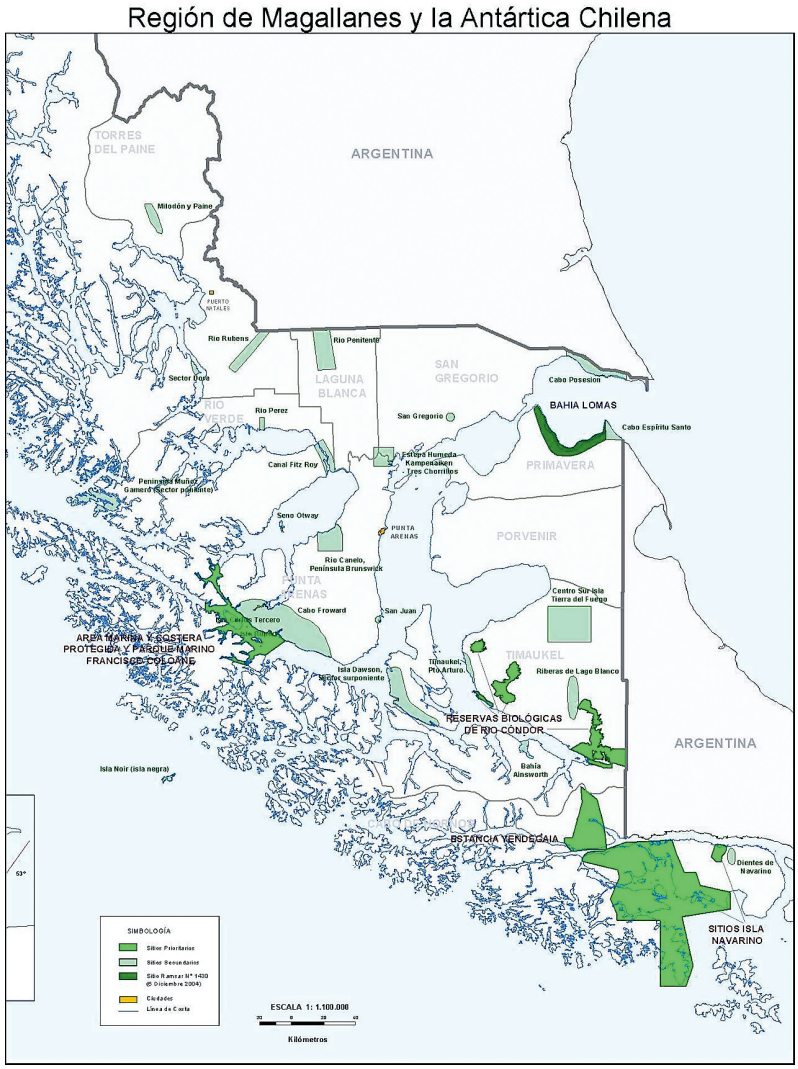

Fig. 5. Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, definidos por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (2002). Fuente CONAMA – XII Región.

12 millas náuticas hacia mar abierto desde el límite representado por la línea de base recta que constituye el límite de las zonas tampón. Tal línea de base recta, delimitada por el Ministerio de Defensa de Chile y Subsecretaría de Pesca, se considera como la línea divisoria entre la zona permitida para pesca artesanal que tiene lugar hacia las aguas interiores (definidas por dicha línea) y la pesca industrial que tiene lugar hacia el mar abierto desde esa línea. En las zonas de transición se promueve la inversión y desarrollo de infraestructura portuaria, hotelera y caminera que cumpliendo con todas las normativas ambientales, sea a la vez creativa y armónica con el entorno ecológico y social. Esta zona constituye el centro de llegada y estadía de los visitantes. Al permanecer en esta área, lugares como Puerto Williams se benefician de las actividades de los visitantes a la reserva de biosfera. Los turistas contratarán además servicios para realizar visitas por navegación, caminatas, vehículos o sobrevuelo a sectores de las zonas tampón.

La conservación de la biodiversidad en la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos en el largo plazo es un desafío que deberá abordarse desde el punto de vista de la planificación territorial de la comuna Cabo de Hornos, considerando la integración de las áreas terrestres y marinas. Como estrategia de desarrollo sustentable se ha propuesto el turismo de bajo impacto o turismo de especialidades, acorde con el Plan de Desarrollo Estratégico del Gobierno para la XII Región. En esta reserva de biosfera, la coincidencia de los límites biogeográficos, administrativos y culturales (de distribución ancestral de la etnia originaria) permite diseñar e implementar la actividad turística (Rozzi *et al.* 2004c) cuidando a la vez de implementar una economía que permita la sustentabilidad en el largo plazo (Barros & Harcha 2004).

Complementariamente a la zonificación general de La Reserva de Biosfera Cabo de Hornos comprometida con UNESCO, se ha comenzado un trabajo de identificación de áreas marinas prioritarias para protección de su biodiversidad, así como áreas de múltiples usos. Bajo el marco legal de Áreas Marinas Costero Protegidas de Múltiples Usos (AMCP-MU), hemos propuesto a la Comisión Nacional del Medio Ambiente Región XII una primera identificación de áreas marinas cuya biodiversidad requiere urgentemente ser protegida (Fig. 6). Estas áreas incluyen los siguientes seis sectores:

1) *Seno Ainsworth*: ha sido identificado por CONAMA como uno de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad debido a la presencia de una colonia reproductiva de elefantes marinos única en la región subantártica, además en el área se encuentran colonias reproductivas de albatros de ceja negra, gaviota austral y otros aves marinas.

2) *Seno Ventisquero*: un seno en estado casi virgen y que se encuentra fuera, más al oeste de las rutas de navegación turística autorizadas.

3) *Extremo oeste del Brazo Sudoeste del canal Beagle*: un área poco visitada que contiene una biodiversidad única en cuanto a especies de flora no-vascular y con los ecosistemas más frágiles de todo el circuito de navegación Beagle; además, tiene abundancia de cetáceos y colonias de nidificación de cormoranes y otras aves.

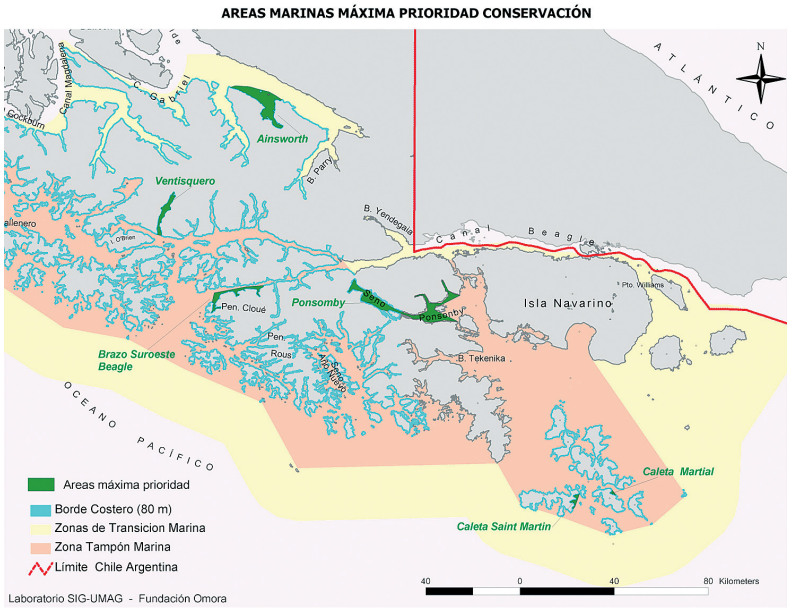

Fig. 6. Áreas marinas núcleo, propuestas a la Comisión Nacional del Medio Ambiente Región XII como las áreas de mayor prioridad y urgencia de protección para la biodiversidad de la RB Cabo de Hornos, bajo el marco legal de Áreas Marinas Costero Protegidas de Múltiples Usos (AMCP-MU). Imagen elaborada a partir de Mansilla et al. (en preparación), por la Iniciativa de Reserva de Biosfera Cabo de Hornos, Laboratorio SIG, Universidad de Magallanes y Fundación Omora.

4) *Seno Ponsonby*: única área marina con cuencas donde crecen bosques de lenga [en su límite sur de distribución] que no han sido afectadas por el desarrollo histórico de haciendas, a la vez que es un área identificada por pescadores locales como un área útil para servir como "semillero" para la reproducción y redoblamiento de la centolla, y además se encuentran importantes colonias reproductivas de lobos marinos y presencia de nutria de mar.

5) *Caleta Saint Martin*: playa de bolones en el extremo sur de la Reserva de Biosfera con biodiversidad marina subantártica con elementos antárticos, aledaña a las cuencas con mayores altitudes y donde existen antecedentes científicos históricos, y podría contraproducentemente estar sujeta a presiones de turismo que debieran, en cambio, llevarse a cabo en áreas recomendadas y autorizadas para tal actividad.

6) *Caleta Martial*: bahía única, en cuanto representa una playa de arena excepcional en cuanto a su extensión y situación protegida y alberga una fauna marina idiosincrásica de fondos blandos y una flora dominada por algas rojas, incluyendo los géneros de algas filamentosas [e.g. *Polysiphonia, Ceramium*]. Esta bahía es además el fondeadero principal para los pescadores artesanales que trabajan en los sectores sur del archipiélago Cabo de Hornos.

VI) LA RESERVA DE BIOSFERA CABO DE HORNOS: UN DESAFÍO PARA LA CONSERVACIÓN Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE

La Red Mundial de Reservas de Biosfera comprende hoy 482 reservas distribuidas en 102 países. Su objetivo es favorecer formas de integración armónica entre las comunidades y el medio natural, que contribuyan tanto al bienestar de las sociedades humanas como de los demás seres vivos y componentes de los ecosistemas. Las reservas

promueven métodos innovadores y adaptativos en materia de gestión integrada del territorio, el agua y la biodiversidad, y están llamadas a constituir ejemplos vivos del desarrollo sustentable.

El desafío que implica la reciente nominación de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos es muy alto puesto que, por un lado, corresponde a un área remota que aumenta las dificultades logísticas y administrativas, y que al mismo tiempo está sujeta a crecientes presiones de desarrollo. Por otro lado, el extremo austral de Chile y de América representa un tesoro de diversidad biológica y cultural. Aquí se encuentran los bosques más australes del planeta (55-56°S), que crecen embebidos en un mosaico de ecosistemas prístinos de formaciones de tundra, hábitat altoandinos, glaciares y campos de hielo, cumbres andinas, cursos de agua permanentes e intermitentes, bosques de algas pardas, fiordos, canales, corrientes e intrincados fondos marinos.

Estos ecosistemas surgen en un cruce de orígenes biogeográficos e interrelaciones ecológicas subantárticas, antárticas, altoandinas, neotropicales y templadas. Los antecedentes entregados en este artículo subrayan que entre las regiones templadas del planeta (que son aquellas que han recibido el mayor impacto de la colonización europea en la modernidad), el territorio de la reserva sobresale por presentar la menor densidad poblacional. Desde el punto de vista cultural y social, Cabo de Hornos constituye el territorio más austral del planeta con poblamiento precolombino. El pueblo yagán continúa habitando esta zona, desarrollando actividades de pesca y artesanía. La Reserva de la Biosfera procura la continuidad de estas actividades tradicionales y propone su incorporación a un desarrollo turístico sustentable que beneficie a la población local, particularmente a la comunidad yagán, y enriquezca las experiencias de los visitantes.

El proceso de nominación de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos ha demandado el esfuerzo de muchas personas e instituciones públicas y no gubernamentales, y de un amplio equipo de científicos. Las instituciones coordinadoras de esta iniciativa han sido la Comisión Nacional del Medio-Ambiente (CONAMA), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Gobernación de la Provincia Antártica Chilena, Ilustre Municipalidad de Cabo de Hornos, Ministerio de Bienes Nacionales y Universidad de Magallanes-Parque Omora, quienes junto a la Armada de Chile y las instituciones asociadas y colaboradoras detalladas en el documento han contribuido a la creación de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos.

El paso siguiente es implementar esta reserva en beneficio de los habitantes locales, regionales, nacionales y del mundo, en la perspectiva de lograr una adecuada integración entre conservación y desarrollo, propósito sustantivo de las reservas de la biosfera y principio central de las políticas públicas de nuestro país. Para ello el 18 de agosto 2005, se ha constituido el Comité de Gestión de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos presidido por la Intendenta (o intendente) de la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

Desde el punto de vista del Gobierno, la Reserva de la Biosfera de Cabo de Hornos, señala un giro de la visión del Estado sobre el desarrollo del extremo austral de Chile: desde una política basada en ciclos extractivos de corto plazo hacia una mirada de desarrollo a largo plazo sustentada en las singularidades ecológicas y culturales del territorio. La implementación de la nueva reserva promueve la valoración de los servicios naturales para el bienestar de las comunidades y devela la importancia de conservación del territorio para la ciencia, la pesca artesanal y el turismo sustentable.

Desde el punto de vista de la ciencia, la alianza entre las investigaciones ecológicas y la toma de decisiones ambientales y planificación territorial por parte del gobierno representan una innovación a nivel nacional. Este artículo sintetiza los antecedentes esenciales de la biodiversidad de este sitio único en el mundo, y con ello procura contribuir a la toma de decisiones informadas con el mejor conocimiento científico disponible en la actualidad. Cabe destacar que tanto los ecosistemas como los procesos de investigación científica son dinámicos, por lo tanto se requiere un continuo monitoreo y programa de investigación a largo plazo. Esta responsabilidad ha sido asumida por el Parque Etnobotánico Omora, que actúa como un Sitio de Estudios Ecológicos a Largo Plazo, coordinando un conjunto de programas bajo el alero de la Universidad de Magallanes, el Instituto Milenio de Ecología y Biodiversidad de Chile (IEB) y la ONG Omora (Rozzi *et al.* 2003a,b, 2006b).

El desafío planteado por la Reserva de Biosfera adquiere relevancia internacional ya que el territorio insular de Cabo de Hornos, constituye hoy uno de los escasos lugares en el planeta que se encuentra

libre de una abrupta transformación antrópica. Por esta razón, el Parque Omora ha fortalecido la red de colaboraciones entre instituciones académicas chilenas y extranjeras. Esperamos que esta colaboración entre las ciencias ecológicas, el gobierno y la sociedad toda permita que la nueva reserva de biosfera contribuya a favorecer oportunidades de vida equitativas para las generaciones presentes y futuras de todos los seres humanos y seres vivos que co-habitamos en el extremo austral del planeta.

En este lugar remoto aún se despliegan las vidas singulares de miríadas de seres vivos, entramadas en dinámicas ecológicas y humanas muy diversas y poco comunes en cuanto a su composición y relaciones. En este sentido, la cúspide austral de América emerge hoy, a comienzos del siglo XXI, como un espacio ético donde se despliegan distintos "ethos": diversos modos de habitar humanos y de otros seres vivos, diferentes los patrones de vida cada vez más homogéneos en la sociedad global. Por esto, el Cabo de Hornos surge como un refugio de vida que inspira y conmueve a la sociedad global en su actual búsqueda de una nueva cultura que promueva el respeto por la vida, a través del re-encuentro con la diversidad de lenguajes, costumbres y especies biológicas, que constituyen la base de la anhelada sustentabilidad ambiental, económica y social.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las incontables personas e instituciones que han participado en el trabajo de levantamiento y sistematización de la información científica requerida para la elaboración de la propuesta de Reserva de Biosfera Cabo de Hornos. En terreno, Julia González y Germán González, miembros de la comunidad indígena yagán, han ofrecido una guía esencial para comprender el escenario ecológico de la reserva de biosfera. El Programa de Magíster en Ciencias "Manejo y Conservación de los Recursos Naturales Subantárticos" ha cumplido un papel esencial en el desarrollo de este trabajo, y la investigación científica ha sido apoyado por el Instituto de Biodiversidad y Ecología de Chile (IEB, P05-002-ICM), y los proyectos BIOKONCHIL (Ministerio Alemán de Ciencias y Educación, Nº-FKZ01LM0208) y Darwin Initiative UK (Nº13024).

LITERATURA CITADA

Anderson, C.B., R. Rozzi, J.C. Torres-Mura, S. McGehee, M. Sherriffs, E. Schuettler & A. Rosemond 2006a. Exotic vertebrate fauna of the remote and pristine sub-Antarctic Cape Horn Archipelago, Chile. *Biodiversity and Conservation:* 15: 3295-3313.

Anderson, C.B., A. Rosemond, G. Clayton, R. Rozzi & O. Dollenz 2006b. The effects of invasive North American beavers on riparian plant communities in Cape Horn, Chile. *Biological Conservation* 128: 467-474.

Araya, P. 2004. Las reservas de biosfera de Chile. Una visión actual y perspectivas para su desarrollo. En Rozzi, R., F. Massardo & C. Anderson (eds.) *La Reserva de Biosfera Cabo de Hornos. Una propuesta de Conservación y Turismo para el Desarrollo Sustentable en el Extremo Austral de América.* Edición bilingüe español-inglés. Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile, pp. 45-60.

Barros, E. & J. Harcha 2004. La iniciativa de la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos: análisis de un desafío para el desarrollo sustentable en la Provincia Antártica Chilena. En Rozzi, R., F. Massardo & C. Anderson (eds.) *La Reserva de Biosfera Cabo de Hornos. Una propuesta de Conservación y Turismo para el Desarrollo Sustentable en el Extremo Austral de América.* Edición bilingüe español-inglés. Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile, pp. 27-43.

Camus P. A. 2001. Biogeografía Marina de Chile continental. *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 587-617.

Crosby 1972. Crosby, A. 1972. *The Columbian Exchange: Biological and Cultural Consequences of 1492*. Greenwood Publishing Group.

Dollenz O. 1980. Estudios fitosociológicos en archipiélago Cabo de Hornos. I. Relevamientos en Caleta Lientur, Isla Wollaston y surgidero Romanche, Isla Bayly. *Anales Instituto Patagonia* (Chile) 11:225-238.

Edgar, G. 1986. Biogeographical proceses in the Southern Hemisphere marine environments. Actas del Segundo Congreso Nacional sobre Algas Marinas Chilenas. Universidad Austral de Chile, pp. 29-46.

Fernández M., E. Jaramillo, P. A. Marquet, C. A. Moreno, S. A. Navarrete, F. P. Ojeda, C. R. Valdovinos & J. A. Vásquez 2000. Diversity, dynamics and biogeography of Chilean benthic nearshore ecosystems: an overview and guidelines for conservation. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 797-830.

Gajardo, R. 1994. *La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.

García, M. 2004. Reserva de Biosfera Cabo de Hornos, un desafío para el turismo. En Rozzi, R., F. Massardo & C. Anderson (eds.) *La Reserva de Biosfera Cabo de Hornos. Una propuesta de Conservación y Turismo para el Desarrollo Sustentable en el Extremo Austral de América.* Edición bilingüe español-inglés. Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile, pp.177-204.

Mittermeier, R.A. *et al.* 2002. *Wilderness: Earth's Last Wild Places*. CEMEX–Conservation International, Washington DC.

Moreno, C. A. & F. H. Jara 1984. Ecological studies on fish fauna associated with *Macrocystis pyrifera* belts in the south of Fuegian Islands, Chile. *Marine Ecology Progress Series* 15: 99-107.

Ojeda, F. P. & B. Santelices 1984. Invertebrate communities in holdfasts of the kelp *Macrocystis pyrifera* from southern Chile. *Marine Ecology Progress Series* 16: 65-73.

Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood 2001. Terrestrial eco-regions of the World: a new map of life on Earth. *BioScience* 51: 933–938.

Pisano, E. 1977. Fitogeografía de Fuego- Patagonia chilena. I. Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56°S. *Anales Instituto Patagonia* (Chile) 8: 121-250.

Pisano, E. 1980. Distribución y características de la vegetación del archipiélago del Cabo de Hornos. *Anales Instituto de Patagonia* (Chile) 11:191-224.

Rozzi, R.. 2006. *Biodiversidad en la educación informal: turismo sustentable en Cabo de Hornos*. In: *"Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafios"*, pp. 628-630. Comisión Nacional del Medioambiente, Santiago, Chile.

Rozzi, R., F. Massardo, C. Anderson, A. Berghoefer, A. Mansilla, M. Mansilla, J. Plana, U. Berghoefer, E. Barros, & P. Araya. 2006a. *La Reserva de Biosfera Cabo de Hornos.* Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

Rozzi, R. F. Massardo, C. Anderson, K. Heidinger & J. Silander Jr. 2006b. Ten Principles for Biocultural Conservation at the Southern Tip of the Americas: The Approach of the Omora Ethnobotanical Park. *Ecology & Society* 11(1): 43. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art43/

Rozzi, R., J.M. Draguicevic, X. Arango, M. Sherriffs, S. Ippi, C. Anderson, M. Acevedo, S. McGehee, J. Plana, E. Cortés & F. Massardo 2005. Desde la ciencia hacia la conservación: el programa de educación y ética ambiental del Parque Etnobotánico Omora. *Ambiente y Desarrollo*_XXI (2): 20-29.

Rozzi, R., F. Massardo & C. Anderson (eds.). 2004a. *La Reserva de Biosfera Cabo de Hornos. Una propuesta de Conservación y Turismo para el Desarrollo Sustentable en el Extremo Austral de América.* Edición bilingüe español-inglés. Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

Rozzi, R., R. Charlin, S. Ippi & O. Dollenz 2004b. Cabo de Hornos: un parque nacional libre de especies exóticas en el confín de América. *Anales Instituto Patagonia* (Chile) 32: 55-62.

Rozzi, R., M. Mansilla, M.R. Gallardo & F. Massardo 2004c. La Comuna Cabo de Hornos, Provincia Antártica Chilena: Una unidad político-administrativa, biogeográfica y etno-cultural. En Rozzi, R., F. Massardo & C. Anderson (eds.) *La Reserva de Biosfera Cabo de Hornos. Una propuesta de Conservación y Turismo para el Desarrollo Sustentable en el Extremo Austral de América.* Edición bilingüe español-inglés. Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile, pp. 205-229.

Rozzi R. & M. Sherriffs 2003. El visón (*Mustela vison, Schereber*) un nuevo mamífero exótico para la Isla Navarino. *Anales Instituto Patagonia* (Chile) 30: 97-104.

Rozzi, R., F. Massardo, J. Silander Jr., C Anderson, O Dollenz & A Marin 2003a. El Parque Etno-

botánico Omora: una alianza público–privada para la conservación biocultural en el confín del mundo. *Ambiente y Desarrollo* XIX (1): 43-55.

Rozzi, R., F. Massardo & O. Dollenz. 2003b. Un programa de investigación, educación y conservación biocultural a largo plazo en el extremo austral de América. *Austro Universitaria* 14: 50-59.

Santelices B. & I. Meneses 2000. A reassessment of the phytogeographic characterization of Temperate Pacific South America. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 605-614.

Silander, J. A., Jr. 2000. Temperate forests: plant species biodiversity and conservation. In (S.A. Levin ed.) *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press, New York, pp. 607-626.

Stevens G. C. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. *The American Naturalist* 133: 240-256.

Vásquez, J. A. & J. C. Castilla 1984. Some aspects of the biology and trophic range of *Cosmasterias lurida* (Asteroidea, Asteriinae) in belts of Macrocystis pyrifera at Puerto Toro, Chile. *Medio Ambiente* 7(1): 47-51.

Vásquez, J. A., J. C. Castilla & B. Santelices 1984. Distributional patterns and diets of four species of sea urchins in giant kelp forest (*Macrocystis pyrifera*) of Puerto Toro, Navarino Island, Chile. *Marine Ecology Progress Series* 19: 55-63.