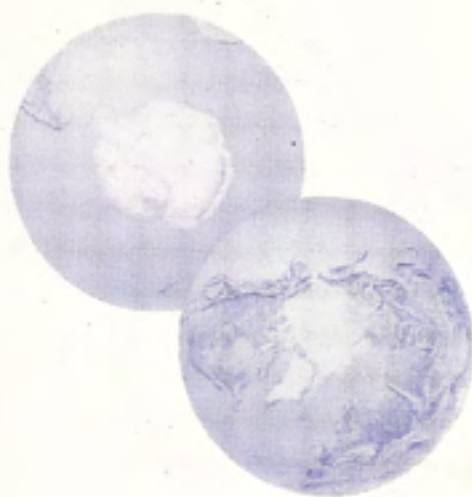


¿POLOS OPUESTOS?

Estudio comparado



Editor Jorge Berguño Barnes

INSTITUTO ANTARTICO CHILENO

¿POLOS OPUESTOS?

Estudio comparado

Actas del II Simposio Internacional
Artico - Antártico: ¿Polos Opuestos?
Universidad de Magallanes,
Punta Arenas, Chile,
1-5 de noviembre de 1998

Editado por Jorge Berguño Barnes

Publicado por

INSTITUTO ANTARTICO CHILENO

2001

CONTENIDO

Introducción / 7

TEMA 1:

Rol de los gobiernos en el desarrollo de las regiones polares

OSCAR PINOCHET DE LA BARRA

1. "Situación política del Artico" / 11

CARLOS RINALDI.

2. "Gobernabilidad de la Antártida" /17

TEMA 2:

Los efectos de las actividades humanas en las regiones polares, los riesgos y la protección del medio ambiente

ROBERT RUTFORD

3. "Protection of the antarctic environment: Lake Vostok as a case study" / 23

4. "Protection of the arctic environment: the Arctic Environmental Protection Strategy" /25

JOSE VALENCIA

5. "Las bases geográficas y ambientales para la designación de Areas Antárticas Especialmente Protegidas." / 27

CARLOS RIOS et al

6. "Diseño de un Programa de Monitoreo Antártico." / 34

7. JOSÉ YAÑEZ

7. "Sobreprotección ambiental, instrumentos y deseos." /35

TEMA 3:

Las características de los procesos ecológicos en los ecosistemas polares

MATTHIAS GORNY

8. "Benthos ecology of the Magellan Region compared to Antarctica and Arctic areas" /45

TATIANA HROMIC

9. "Foraminíferos en las regiones polares." / 47

TARCISIO ANTEZANA

10. "Patrones y desviaciones en el Ecosistema y krill antárticos." / 67

UTE VOLBEHR

11. "How a star is born; the reproductive biology of the brooding asteroid anasterias antarctica (Luetken 1856)" / 77
(Presentación en poster)

TEMA 4:

La evolución geológica de las regiones polares

YOSHIHIDE OHTA

12. "Geological history of the Arctic" / 81

EDUARDO OLIVERO

13. "Biodiversity changes and paleobiogeography of Late Cretaceous Antarctic marine faunas" / 86

JORGE A STRELIN and TOSHIO SONE

14. "The Permafrost at the Peninsula Area." / 88

JORGE A. STRELIN

15. "The Cenozoic of James Ross Island." / 89
(Presentación en Poster)

TERESA TORRES et al.

16. " Mesozoic and Cenozoic flora from South Shetland Islands, Antarctica" / 91

TEMA 5:

El cambio climático global y la dinámica océano-atmósfera en las regiones polares

ENRIQUE CORDARO

17. "Dinámica océano-atmósfera en las regiones polares." / 99

ANELIO AGUAYO et al

18. "¿Alcanzaría a manifestarse El Niño Oscilación Austral (ENOS) 97-98 en el ecosistema antártico?" / 108

WOLF ARNTZ

19. "The Antarctic-Magellan connection: ecosystems that drifted apart" / 120

HELLMUTH SIEVERS

20. "Oceanografía del Paso Drake." / 121

JORGE CARRASCO

21. "A review of the climate in the Southern Polar Regions." / 128

EMILIO VERA

22. "Tectonic framework of the southernmost Chilean margin" / 136

VICTOR VALDERRAMA

23. "Disminución de ozono estratosférico antártico y sus efectos en la Región de Magallanes" / 137

ERLING JOHNSON y ENIO B. PEREIRA

24. "Radón, trazador troposférico." / 138

TEMA 6:

Glaciares polares como indicadores de cambios climáticos

MASAMU ANIYA

25. "Variations of several major outlet glaciers of the Hielo Patagónico Sur between 1986 and 1997, using Landsat TM and RADARSAT data." / 143

RENJI NARUSE

26. "Dynamic features of glaciers in Patagonia." / 145

PEDRO SKVARCA

27. "Retrosceso de glaciares y barreras de hielo en la Península Antártica" / 146

ANDRES RIVERA et al

28. "Resultados Preliminares del Proyecto glaciológico en Patriot Hills." / 147

GINO CASASSA et al

29. "Mass balance of the Antarctic ice sheet at Patriot Hills" / 148

Tema 7:

La presencia humana en las regiones polares

MATEO MARTINIC

30. "La presencia del hombre en la Antártica." / 159

MARGARET BAKER.

31. "Art and adaptation in polar regions." / 171

RUBEN STEHBERG

32. "Investigaciones arqueológicas chilenas en las islas Shetland del Sur." / 172

JUAN PABLO RIVEROS

33. "La noche polar de Byrd." / 205

Tema 8:

El desarrollo presente y futuro del turismo en las regiones polares

JAVIER LOPETEGUI

34. "Turismo en las regiones polares." / 219

Tema 9:

Las operaciones polares: riesgos y desafíos logísticos

PATRICIO EBERHARD

35. "Logística antártica para un nuevo milenio." / 227

DENIS ST-ONGE

36. "The Polar Continental shelf project" / 233

Cap. de Fragata VICTOR SEPULVEDA AGUIRRE

37. "Presencia de la Armada de Chile en la Antártica." / 235

Expositores / 239

Agradecimientos / 243

INTRODUCCIÓN

Desde el 1 al 5 de Noviembre de 1998, se realizó en el Centro Austral Antártico, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, el 2º Simposio Internacional "Artico-Antártico: ¿Polos Opuestos?", con participación de 15 expositores extranjeros y 35 expositores nacionales. Este Simposio es la continuación del 1er Simposio "¿Poles Apart?" realizado en Ottawa, Canadá, en Septiembre de 1997, donde participó Chile representado por el Embajador Oscar Pinochet de la Barra, Director del Instituto Antártico Chileno, la Embajadora María Teresa Infante, Directora Nacional de Fronteras y Límites, el Intendente de la XII Región Sr. Ricardo Salles, el Rector de la Universidad de Magallanes Dr. Víctor Fajardo, y el biólogo del Alfred Wegener Institute, Alemania, Dr. Matthias Gorny, quien realizaba una estadia de investigación en la Universidad de Magallanes. En aquella ocasión el Sr. Rector ofreció realizar el 2º Simposio en la sede de la Universidad de Magallanes en Punta Arenas.

El Simposio "¿Polos Opuestos?" nació como una iniciativa de Chile y Canadá para presentar similitudes y contrastes de las dos regiones polares en una amplia diversidad de temas, de modo de fomentar el intercambio de conocimientos y experiencias adquiridas en el Artico y la Antártica. Por ello, este Simposio era una oportunidad única para juntar a académicos, diplomáticos, estudiantes y público en general.

Recorriendo las diversas intervenciones es posible apreciar la importancia de la reunión de Punta Arenas, y de cómo la feliz idea que se concretó primeramente en Ottawa, ha seguido un camino propio, original, de gran utilidad para los investigadores y los científicos polares del Norte y del Sur.

La inquietud por saber si el Artico y el Antártico son realmente Polos Opuestos nos ha hecho reflexionar en que más allá de la obvia diferencia entre hielo marítimo y hielo terrestre, lo esencial es que se trata de vastas zonas heladas en ambos extremos del planeta; con similitudes climáticas y parecidos biológicos; más aisladas o más cercanas al hombre y, por lo tanto, más o menos contaminadas.

Y nos ha recordado varias cosas.

Que la teoría de los sectores polares nació en el Artico y fue inmediatamente adoptada —con variaciones— por el Antártico; que la militarización de las regiones boreales no ha sido seguida por las regiones antárticas; que la experiencia de habitabilidad del norte, muy antigua, ha facilitado el establecimiento de bases en el sur; y tantas otras características que se cruzan y entrecruzan entre ambos mundos blancos, como las referentes a la desglaciación y a la capa de ozono.

Por el hecho de haberse realizado esta segunda reunión en el hemisferio austral, ha sido más numerosa la concurrencia de esta parte del mundo, así como los trabajos presentados. No cabe duda que, por el contrario, si la tercera reunión tiene lugar, como corresponde, en el hemisferio norte, habría una mayoría de trabajos de representantes de esa parte del planeta.

Las reuniones “¿Polos Opuestos?” han demostrado su utilidad. Es una iniciativa que conviene continuar.

Oscar Pinochet de la Barra
Embajador
Director del Instituto Antártico Chileno

TEMA 1

ROL DE LOS GOBIERNOS EN EL DESARROLLO DE LAS REGIONES POLARES

Situación política del Artico

Al revés de la Antártica, el Artico fue conocido de siempre y se incorporó a la historia de la humanidad, con sus primeros habitantes, hace muchos miles de años. No hubo que suponer su existencia, o "soñarlo", como la Terra Australis Incógnita; ahí estaba, formando parte del Viejo Mundo.

Los veranos árticos, verdaderos veranos, hicieron navegable el océano glacial y fue pronto una sola región, con una raza que se adaptó al frío y a las largas y oscuras noches invernales.

Esto duró hasta que el habitante de las regiones templadas vecinas fue trasladándose a las latitudes del oso, corriendo al norte sus fronteras nacionales.

Las regiones árticas sirvieron además de paso y comunicación entre continentes. Los esquimales o inuits en América, diversos otros pueblos autóctonos del norte de Europa y Asia, hicieron de ellas su habitat natural. Los hiperbóreos y sus leyendas forman parte de antiguas etapas de la vida del planeta.

Los grandes capítulos de la historia ártica se escribieron por navegantes y balleneros del Atlántico, entre Groenlandia, Islandia y Spitsbergen, hoy Svalbard, en la misteriosa costa septentrional de Siberia, y en el Nuevo Mundo, entre el Estrecho de Bering y la Bahía Hudson.

Así se fueron perfilando los países interesados. Desde luego, los dos grandes: Canadá y Rusia, luego, Estados Unidos, Dinamarca, Finlandia y Noruega, después se agregaron Islandia y Suecia.

La más antigua inquietud por fijar normas aclaratorias de derechos soberanos alrededor del Polo Norte la encontramos en Canadá, cuyos navegantes comenzaron a visitar tempranamente la zona. Es así que sólo cinco años después de la llegada de Colón a América, en 1497, John Cabot merodea por la costa noroeste de los territorios septentrionales, seguido en 1579 por Martin Frobisher y otros navegantes que han dejado sus nombres: Davis, Hudson, Baffin. Después, poco a poco, esquimales, cazadores, mercaderes, balleneros en las amplias costas y estrechos marítimos, misioneros. El alma de esta presencia fue la de Hudson's Bay Company.

Siendo Canadá parte del Imperio Británico, correspondió a Londres preocuparse del límite oeste de esos territorios, frente a Rusia y a la inmensidad siberiana, llegándose en 1825 a la fijación del meridiano 141° Oeste. Luego, por otra decisión oficial, de 1880, todos los territorios polares ingleses fueron traspasados a Canadá. En 1867, Estados Unidos había comprado Alaska a Rusia.

Nunca se expresó límite norte y, en realidad, se trataba prácticamente de territorios deshabitados, especialmente los grandes grupos de islas Parry, Baffin y Ellesmere, entre

otras.

Pero con esas decisiones inglesas se aquietaban algunas inquietudes provocadas por eventuales aspiraciones de otros países, como los Estados Unidos de América, descubridor del Polo Norte con Robert Peary, en 1909, o de Noruega, en 1902, cuyo explorador Otto Sverdrup descubrió las islas que hoy llevan su nombre. En ambos casos hubo declaraciones de "toma de posesión" de territorios que sus gobiernos no hicieron suyas. De ahí hasta la Primera Guerra Mundial, en cambio, exploradores canadienses reclamaron vastos territorios árticos.

Nadie se extrañó, entonces, que el Ministerio del Interior de Canadá publicara un mapa en 1904 mostrando los límites Este y Oeste de sus pretensiones, los meridianos 60° y 141° Oeste de Greenwich, sin límite norte. La base teórica la dieron dos canadienses: el capitán Bernier, en 1906, y el Senador Poirier, en 1907. Así nacia la teoría del sector polar.

Como lo cuenta Gordon W. Smith - a quien estoy muy agradecido por sus informaciones - en 1906 se efectuó una reunión del Club Artico en Nueva York y Bernier propuso su división en sectores para solucionar los problemas que pudieran producirse. El Senador Pascual Poirier - a quien siempre se ha designado como el autor de la idea - llevó esta iniciativa al Parlamento de Ottawa al año siguiente de 1907, y en sesión del 19 de abril se mostró partidario de ella. Como se ha explicado, se trataría sobre todo de un sector de características geográficas y no políticas, una forma práctica de demarcar zonas de influencia nacidas de manifestaciones soberanas efectuadas en algunos sitios enormes, despobladas e inhóspitas regiones polares.

Esta teoría no fue inmediatamente aceptada por Ottawa, hasta 1925, en que el Ministro del Interior Stewart declaró en el Parlamento que Canadá reclamaba "todo el territorio que se encuentra entre los meridianos 60° y 140°... hasta el Polo Norte".

Otra consecuencia de las ideas de Poirier -aunque claro, no pretendida por el Senador - fue la inesperada emisión de Letras Patentes por el Gobierno de Gran Bretaña, el 21 de julio de 1908, usando por primera vez en Antártica la doctrina del sector para reclamar un vasto territorio en ese continente, las llamadas Dependencias de las islas Falkland. En 15 meses el gobierno de Londres había aprendido la lección que le daba su antigua colonia.

El Gobierno canadiense de la época se movía con prudencia y con preocupación, tanto ante los descubrimientos árticos de no canadienses, como de una política de Estados Unidos aún no bien diseñada, encaminada a exigir para la adquisición de soberanía en el territorio polar, los mismos requisitos que los tratadistas de Derecho Internacional de la época demandaban para el territorio terrestre.

Un buen ejemplo de esto lo encontramos en la declaración hecha el 2 de abril de 1924 por el Secretario de Estado de los Estados Unidos, Charles E. Hughes, respecto a que su gobierno no reconocería ninguna reclamación que se basara solamente en el descubrimiento o la formal toma de posesión.

Este reconocimiento de las singulares realidades de las regiones polares tuvo una

precisión mucho más realista en la sentencia de la Corte Internacional de Justicia del 5 de abril de 1933, en el caso de Groenlandia Oriental entre Dinamarca y Noruega en el sentido de que para adquirir soberanía en regiones prácticamente deshabitadas bastaba "la intención y la voluntad de obrar en calidad de soberano y alguna manifestación o ejercicio efectivo de esta autoridad".

Esto lo cumplía Canadá y la declaración del Ministro Stewart de 1925 se vio entonces confirmada. La sentencia sobre Groenlandia Oriental ayudó a Canadá a definir su política ártica.

El otro país con enorme presencia en el Artico es Rusia, antigua Unión Soviética. Un año después que el Ministro Stewart hiciera su declaración al Parlamento canadiense, el gobierno soviético, por decreto del 15 de abril de 1927, reclamó formalmente "todas las tierras e islas ya descubiertas, como aquellas que se descubran en el futuro al norte del litoral de la U.R.S.S. hasta el Polo Norte, en el límite del sector formado por el meridiano 32° 04' 35" de longitud Este de Greenwich y por el meridiano 168° 49' 35" de longitud Oeste de Greenwich".

El teórico ruso que explicó las razones jurídico-políticas de este decreto fue W. Lakhtine, especialista en derecho aéreo, entusiasta impulsor, con Poirier, de la teoría de los sectores polares. En su estudio afirmó que en vista de la imposibilidad de aplicar con todo su rigor las reglas de la ocupación efectiva para adquirir soberanía en las regiones polares "se ha comenzado a admitir en derecho que en los límites de los espacios polares podría ella no realizarse, y ha debido ser reemplazada por la idea de la extensión de la soberanía del Estado vecino, según el principio de los sectores de influencia geográfica y económica".

Para Rusia ha sido tan fácil como para Canadá precisar su territorio ártico, en vista de la clara zona de atracción geográfica que inviste en la zona polar, con alrededor de 160 ° de costa septentrional europea y asiática. Al Este, el estrecho de Behring es una división natural frente a Alaska, hoy de los Estados Unidos, y al Oeste la fijación de sus límites con Noruega tuvo una última precisión luego de la Segunda Guerra Mundial.

A propósito de Noruega, el gran archipiélago ártico de Svalbard o Spitzberg le fue reconocido luego de negociaciones que culminaron en 1920. En cuanto a los Estados Unidos, su soberanía sobre Alaska, como ya vimos, se origina en la compra a Rusia en 1867. Los otros países que hoy componen el Consejo del Artico: Dinamarca -país al que se adjudicó la inmensa isla de Groenlandia por el tratado de Kiel en 1814- Suecia, Finlandia e Islandia no han acudido a la teoría de los sectores de influencia en las heladas islas y aguas del norte, pero, como dice el gran tratadista de Derecho Internacional René Waultrin, los países árticos "la han aplicado sin mencionarla".

¿ Se extiende también la soberanía a las plataformas de hielo flotante? Sobre eso hubo en su tiempo polémica y hoy el tema se ha dejado dormir, puesto que en las regiones polares, a fines del siglo XX, lo importante pareciera ser controlar, administrar, proteger de la contaminación, en un curioso desasimio que posterga sin renuncia otros temas, tenidos en su tiempo como fundamentales. Con todo, Canadá ha reclamado el sector que se extiende hasta el Polo Norte, incluyendo la plataforma de hielo en permanente movimiento donde éste está situado, y esto lo ha reiterado hace pocos años, en 1946, por boca del entonces Embajador de Canadá en los Estados Unidos, Lester Pearson, quien

recordó que el sector ártico de su país se extiende "no solamente a los territorios septentrionales de Canadá sino a las islas y el mar helado".

El Artico fue un ejemplo de tranquila convivencia hasta la Segunda Guerra Mundial. Entonces se transformó en primera línea de batalla entre los Estados Unidos y la Unión Soviética. Como resultado, se ocupó en emplazamiento de misiles, en zona de submarinos nucleares y en sistemas de alerta y de radar, la línea DEW desde 1950. Se acabó la paz ártica y se contribuyó a la contaminación de ese extremo del planeta. Las cifras sobre contaminación militar son realmente impresionantes: miles de proyectiles nucleares y cientos de buques y submarinos en bases especiales.

El extremo polar de la Unión Soviética ya estaba contaminado y los grandes ríos Ob, Ienisei y Lena son vehículos de todo aquello que la vida humana establecida muy al norte ha estado arrojando por siglos a las corrientes de agua. El borde canadiense era más limpio hasta que construcciones políticas y militarmente comprensivas, también lo contaminaron. Predominaron entonces los intereses estratégicos.

Pasada la guerra, el 1º de octubre de 1987, Gorbachov propuso un acuerdo en Mummansk para que "el norte del planeta no vuelva a ser nunca más una zona de guerra... sino de paz y de fructífera cooperación entre los Estados ribereños", palabras alentadoras que hoy se han convertido en realidad

Con la contaminación militar sufrió el medio ambiente, pero, sobre todo, sufrieron los pueblos autóctonos, y yo los oí quejarse en las reuniones de Nuuk y de Inuvik y decir: si ustedes nos ensuciaron el Artico, sin intervenir nosotros, limpienlo ahora....

En 1990 y 1991, como si se hubieran puesto de acuerdo, el Artico y el Antártico se movilizaron para proteger su medio ambiente. Un poco antes, en 1989, en la Reunión Consultiva de París, la comunidad antártica, obedeciendo a una inquietud cada vez más grande, resolvió reunirse en Viña del Mar para introducir en la discusión del sistema de minerales, que se había prácticamente resuelto, unas disposiciones relativas a la protección del medio ambiente. El resultado fue un Protocolo de protección que se firmó en Madrid en octubre de 1991.

Las discusiones de Viña del Mar de 1990, coincidieron con la materialización de inquietudes semejantes entre los países árticos, luego del naufragio del petrolero Exxon Valdés y de uno de los más grandes derrames de combustible en aguas polares, al sur de Alaska.

De Sirpa Pietikainen, Ministra del Medio Ambiente, y de su pequeño país Finlandia, nació la idea de una reunión y así vino la cita ministerial de 8 países en la localidad finlandesa de Rovaniemi, preparada mientras se desarrollaba la reunión de Viña del Mar. En junio de 1991, en Rovaniemi, y en Madrid en octubre, nació una declaración en el Artico y un protocolo en el Antártico, para la protección del medio ambiente. Las normas del Artico son voluntarias y las del Antártico obligatorias desde enero del año 1998. ¿Fue una simple coincidencia o la materialización de una inquietud que no esperaba mas?

A la reunión de Rovaniemi han seguido las de Nuuk, en Groenlandia en 1993, y la de Inuvik, en el noroeste de Canadá, en 1996. Es importante anotar que el sistema polar del sur ha inspirado en varios aspectos al sistema polar del norte, especialmente en la organización de labores científicas más coordinadas y en la lucha por la limpieza del

medio ambiente. Este acercamiento de ambos polos será fructífero y la historia recordará la iniciativa de Chile, que mucho se empeñó en él.

Siguiendo vieja tradición, el país con más visión organizadora en el Artico, ha sido Canadá y el último acierto lo constituye su propuesta para la creación del Consejo del Artico.

No fue fácil convencer a los Estados Unidos, país que enfrenta ese mar helado con la limitada costa de Alaska. De ahí que Washington no se haya interesado por la teoría de los sectores, tildándola de insuficiente y se haya amarrado así las manos para aplicarla en Antártica. Ha preferido llegar al Artico a través de Canadá, con la atenta y cuidadosa mirada de Ottawa.

Ahora tiene el Artico una organización que no sólo se ocupará del medio ambiente sino, además, del desarrollo económico sustentable, del progreso de los pueblos aborígenes, del turismo, los transportes y las comunicaciones: es el mencionado Consejo del Artico.

Esta segunda mitad del siglo XX quedará marcada en el campo internacional por las experiencias de manejo de las regiones polares que ha emprendido la humanidad, así como en la primera parte de ese período dio su admiración a la conquista de ambos polos, un norteamericano en el norte, un noruego en el sur.

Hoy frente a un mundo siempre celoso de preservar las fronteras nacionales, se ha abierto camino, poco a poco, un ensayo de confraternidad guiado por la ciencia. No se ha ido tan lejos como para renunciar a derechos soberanos, pero se ha preferido destacar un manejo conjunto que sirva a todos, sin tomar sin embargo la figura de parque nacional o de soberanía colectiva. En cambio, se ha congelado todo lo que divide y se ha mirado las regiones polares con otra perspectiva, más amplia, de mayor cooperación.

Todo esto se ve aún más claro en el Antártico, un continente cabal. En el Artico es más complejo, si se considera que en gran parte es continuación soberana de los continentes vecinos, quedando el Polo Norte, en un mar helado que no es exactamente alta mar ni tampoco territorio terrestre, sino territorio polar, donde hoy es también visible la confraternidad.

En el Antártico, en tanto, las sabias disposiciones del Tratado firmado en 1959 han llevado a la calma tanto a los siete países con sectores como a los que no los reconocen. De tal manera que, el esfuerzo que gastábamos en pelearnos, lo usamos ahora en hacer progresar esta "reserva natural consagrada a la paz y a la ciencia", como define el Protocolo de protección ambiental de 1991 a esa "zona de especial conservación".

En uno y otro extremo del planeta hemos ganado experiencia en nuestro propósito de mantener esas regiones al margen de la contaminación ambiental. Esta común experiencia está hoy siendo, afortunadamente, aprovechada. Reconozcamos, sin embargo, que es el Artico el que necesita más que el Antártico, de disposiciones severas para erradicar una contaminación que, dijimos, viene de muchos siglos atrás.

Antártica se libra de esto por su aislamiento, pero no totalmente, en un planeta sucio que trata de envolverla por mar y por aire.

Artico y Antártico, el viejo sueño de los antiguos en busca de un mundo maravilloso, nos está obligando hoy a usar nuestra imaginación para construir la civilización limpia y previsor del futuro, la que necesitamos en el siglo XXI, la que deberá caracterizar el

tercer milenio.

Artico y Antártico, iniciadores de nuevas y audaces formas de relación internacional, que ensayadas ahí podrían ser empleadas mañana en otras partes del globo terrestre.

Si somos juiciosos, los inmensos depósitos de agua dulce del norte y del sur podrán proveernos de ese vital elemento por mucho tiempo más. Si no contaminamos la atmósfera limpia que ahí existe, los polos seguirán siendo los pulmones del planeta, si dejamos tranquilos a los océanos polares, fríos y oxigenados, ricos en nutrientes, la riqueza marina seguirá siendo nuestro alimento.

Esta generación es afortunada; está mirando más que antes hacia el Norte y hacia el Sur; desde el Artico y el Antártico; el Este y el Oeste pierden su significado ahí donde el hombre quiso siempre llegar en su eterna búsqueda del paraíso.

Carlos A. Rinaldi

Gobernabilidad de la Antártida

El Primero de Diciembre de 1959 se firma en Washington el Tratado Antártico que fuera concebido por doce naciones (Argentina, Australia, Bélgica, Chile, Francia, Japón, Nueva Zelanda, Noruega, Sud Africa, Rusia (ex URSS), Reino Unido, y USA). Este fue el marco jurídico que comenzó a funcionar como un "gobierno colegiado", actuando como coadministrador de todo un continente.

Conviviendo países reclamantes (Argentina, Australia, Chile, Francia, UK, Nueva Zelanda y Noruega), en algunos casos con superposición como ocurre con Argentina, Chile y UK (habiendo los dos primeros reconocido mutuamente sus derechos en 1947, declaración conjunta Bramuglia-Julliet Gómez; Protocolo Vergara Donoso-Larosa de 1947 y Vignes-Huerta Diaz de 1974) y otros países no reclamantes y un espacio desde los 90° a los 150° grados de longitud Oeste sin reivindicaciones formales. El límite norte de esta administración está ubicado al Sur de los 60° de latitud Sur.

Diversos son los argumentos esgrimidos por los reclamantes, el descubrimiento, la ocupación, la sucesión de Estado, la continuidad, la afinidad geológica, la proximidad geográfica, actos de posesión, actos administrativos y ejercicio de jurisdicción nacionales.

Algunos actos hostiles se suscitaron por aquellos años, inclusive, el Reino Unido elevó a la Corte Internacional de Justicia en 1955 la cuestión de la Soberanía Antártica, pero Chile y Argentina no concurrieron restándole importancia. Ese mismo año se comenzó a preparar la Primera Conferencia del Año Geofísico Internacional, que se llevó a cabo en 1957-1958 lo cual distendió las tensiones y comenzó a desarrollarse un período de tranquilidad mediante la cooperación científica en distintas facetas entre los doce países que posteriormente firmarían, a pesar de dejar provisoriamente sin resolver los problemas territoriales.

El Tratado en si es relativamente breve, quizás por aquello que lo breve y bueno es dos veces bueno, asegura la convivencia pacífica, establece un "statu quo" territorial para el área y satisface los requerimientos científicos en base a la mutua cooperación e intercambio.

Los primeros artículos del Tratado se refieren a la paz y a la ciencia en la Antártica. A través del Tratado pudo conservarse la paz en el continente, manteniéndolo alejado de la Guerra Fría, al prohibir las explosiones nucleares y toda medida de naturaleza militar, salvando su colaboración en temas logísticos. El Tratado constituyó sin darse cuenta el primer ejemplo de acuerdos de control de armamentos. De hecho la Antártica sigue siendo la única zona libre de material bélico.

También sirvió de ejemplo para que las Reuniones Consultivas sucesivas se abocaran a la solución de problemas antes que surgieran intereses conflictivos que impidieran el logro de las mismas, como fueron los casos de la Convención de las Focas Antárticas que se negoció y aprobó en un momento en que sobre este recurso no existían intereses económicos; otro excelente ejemplo lo constituye el artículo 7 del Protocolo al Tratado Antártico sobre protección del Medio Ambiente, de 1991, que prohíbe cualquier actividad relacionada con los recursos minerales, salvo las de investigación científica.

El advenimiento del Tratado generó obligaciones y compromisos, quedando en claro que la cuestión territorial subsiste, no se resuelve, no consolida derechos de los Estados territorialistas o aquellos que poseen fundamentos de reclamo de soberanía, pero tampoco consagra su declinación. El Tratado no afirma Derechos, no los desconoce y fundamentalmente no internacionaliza la Antártica, en una palabra, congela la situación al momento de la firma, o sea, no innova.

El Tratado es abierto a la adhesión de cualquier Estado que sea miembro de las Naciones Unidas o a cualquier Estado que sea invitado a ello por las Partes Consultivas.

El Gobierno de la Antártida recae sobre las Partes Consultivas quienes para adoptar cualquier medida recurren al consenso, método este que a simple vista podrá tomarse como no ágil pero da al Tratado la fuerza extraordinaria en virtud de que hasta la más mínima circunstancia debe estar aprobada por unanimidad. Esto permite que países con distintas concepciones filosóficas hayan podido administrar armoniosamente un continente preservándolo de la militarización y de la nuclearización.

En buen romance, el gobierno de la Antártica es el gobierno de las Partes Consultivas, o sea, de los países miembros del Tratado. Tal es así, que el ejemplo más claro fue la Convención sobre los Minerales, quizás la obra jurídica de mayor trascendencia antártica después del Tratado que parecía llegar a feliz término y faltando solamente cuestiones formales, los Gobiernos de Australia y Francia, en mayo de 1989, luego de seis años de largas negociaciones, comunicaron que no firmarían la Convención. Asimismo, Nueva Zelandia, Bélgica e Italia tomaron la misma decisión. Vale señalar que las últimas reuniones contaron con la Presidencia de ese país, posteriormente Alemania e India adhirieron a esa posición y la Convención que había tenido el consenso no llegó a ratificarse, lo cual demuestra que los Estados Miembros son los que, a través de sus representantes en las Reuniones Consultivas, conservan la Gobernabilidad.

El Sistema del Tratado Antártico fue creciendo en número de países firmantes y enriqueciéndose con medidas acordadas. Vale señalar que en la III Reunión Consultiva celebrada en Bruselas (1964), se aprobaron las normas para la conservación de la Fauna y Flora, como una medida proteccionista. Quizás fue el primer acto que señalaba que el manejo de la Antártica era un largo camino para mantenerla dentro de los cánones no mercantilistas del hombre al declarar la Antártica como una zona especial de conservación.

A lo largo de la vigencia de cuarenta años del Tratado, las Reuniones Consultivas contaron siempre con el asesoramiento científico de SCAR que a pesar de ser una organización no gubernamental vivió armoniosamente con las Partes Consultivas, siendo el asesor científico de primacía; los Estados Miembros han contribuido con sus cuotas y sus representantes son en su mayoría directa o indirectamente representantes de los intereses científicos de los países. Sus opiniones son oídas, evaluadas y puestas en marcha en la adopción de las decisiones de las Reuniones Consultivas.

Otro aspecto que hace la gobernabilidad de la Antártida es la complejidad de la logística que hoy se concentra en los COMNAP, que si bien son representantes de los Estados, ya que son los Administradores de Programas Antárticos de cada uno de ellos, tuvieron su pleno reconocimiento como parte del Sistema a partir de 1992 (XVII RC Venecia) en igualdad con SCAR participando en las Consultivas de conformidad con la Rec XIII-2.

En el tiempo se ha comprobado la necesidad de contar con una mínima estructura permanente que contribuya al desarrollo de las relaciones entre las Partes. Este elemento se ha creído que deberá presentarse bajo la forma de una Secretaría permanente, la que

se encargará de agilizar el intercambio de las Partes entre sí, y con los restantes cuerpos que hoy componen el Sistema del Tratado Antártico. La República Argentina, desde hace más de seis años, ofrece la posibilidad de que la misma se encuentre en la ciudad de Buenos Aires. Vale señalar que un solo país, el Reino Unido, se opone a esto, con lo cual no se ha obtenido el consenso, y la Secretaría no ha sido establecida. Cabe señalar la posición de Chile al respecto, de total apoyo a la candidatura de Buenos Aires.

El Protocolo de Protección al Medio Ambiente (Madrid 1991) cambió la mentalidad del trabajo en la Antártida, las exigencias del mismo en cuanto a la protección de la naturaleza poniendo de relieve dos valores que si bien en la Antártida ya existían, pasaron a ser fundamentales: la investigación científica y la protección del medio ambiente.

Y a esta altura, los doce países firmantes habían duplicado el número de miembros y por ende, todo lo que los reclamantes habían conseguido en la Convención de Minerales quedó en agua de borrajas. Tal es así que con anterioridad a esto, como corolario de las Reuniones Consultivas, existía informalmente una reunión de los países reclamantes, cuestión ésta que a partir de la Reunión de Madrid no se volvió a convocar.

En la reunión de Utrecht se establecieron 3 tipos de acciones para regular la actividad antártica: a) Resoluciones, b) Disposiciones, y c) Medidas. Las dos últimas son de trámite interno de las Consultivas, mientras que las primeras, deben ser ratificadas según la mecánica legislativa de cada país.

El Protocolo de Protección, el cual no vamos a analizar en esta exposición, en los primeros veintisiete artículos, legisla definiendo los principios medio ambientales, las relaciones con otros componentes del Sistema Antártico, la prohibición de las actividades relacionadas con los recursos minerales. Otro aspecto novedoso que nos ofrece, es el de contar con Anexos; de ellos podríamos decir que algunos cubren aspectos ya contemplados en antiguas Recomendaciones, otros son totalmente novedosos en su temática, como el que se halla en arduas negociaciones y que se refiere a la responsabilidad por las acciones u omisiones que fueran llevadas a cabo en la actividad antártica y que contemplan la figura del daño medio ambiental.

El Protocolo establece un Comité de Protección Ambiental cuyas funciones son variables, entre ellas, la de prestar asesoramiento en la temática medio ambiental por medio de medidas, procedimientos tendientes a la gestión y ulterior desarrollo del Sistema de Areas Protegidas, procedimientos de respuestas para situaciones de emergencia medioambientales, inspecciones, acopio y archivo de documentación, etc. Con su puesta en marcha, este Comité se ha convertido en el verdadero motor del Protocolo, pero el poder de gobernar aun lo siguen manteniendo las Partes, que son miembros plenos del Comité.

Resumiendo y según lo establecido en el Protocolo, la responsabilidad de la gobernabilidad de la Antártida está en las Reuniones Consultivas y por ende, en los Estados Partes del Tratado.

No podemos dejar de mencionar que esta manera de administrar o de gobernar entre todas las Partes, fue cuestionada por un grupo de países durante la década del 80. La problemática fue llevada a la Asamblea General de las Naciones Unidas, y fue precisamente allí, donde después de un largo debate, se reconocieron los beneficios que ha traído para toda la humanidad esta forma de administración para todo un continente. En la Antártica se han cumplido los principios y objetivos consagrados en la Carta de las Naciones Unidas y de esta manera se ha demostrado al mundo cómo un grupo de países

inspirados en la idea de la cooperación, en un marco desmilitarizado y desnuclearizado y por ende de paz, en condiciones de igualdad para cada uno de los Estados Partes, ha logrado una forma de gobierno que muestra hoy su beneficio para toda la humanidad.

Vale señalar como corolario que en la Antártida la actividad económica y por ende el mercantilismo, es prácticamente nulo, razón ésta que influye en sus miembros para poder aplicar el sistema de referencia.

TEMA 2

LOS EFECTOS DE LAS ACTIVIDADES POLARES, LOS RIESGOS Y LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE

Robert Rutford

*Protection of the Antarctic Environment:
Lake Vostok as a case study*

A combination of airborne radio-echo surveys, altimetric data from satellite measurements, reinterpretation of earlier seismic data, and model studies, have led to the now generally accepted conclusion of the existence of a large freshwater lake beneath the East Antarctic ice sheet in the vicinity of Vostok Station (78 degrees 29 minutes South, 106 degrees 49 minutes East). The identification of this lake led to the re-examination of radio-echo sounding data from earlier surveys and combined with the newer satellite radaraltimeter data, as many as 67 such subglacial lakes in East Antarctica which appear on the ice-sheet surface as distinct smooth flat regions have now been identified.

Lake Vostok is apparently the largest of these subglacial lakes. It is about 280 km. long and up to 80 km. wide. The ice thickness over the water layer is 3750 meters at Vostok Station. It is estimated that the thickness of the water layer is 490 meters in the south end and 670 meters in the north. There is an additional layer between the lake bottom and the acoustic basement surface that apparently represents bottom sediments ranging in thickness from 90 to 330 meters.

Because of its proximity to the ice core drilling conducted by the Russians at Vostok Station, Lake Vostok has attracted considerable attention both in the scientific as well as popular literature. Currently the Russians have drilled to a depth of 3623 meters and the bottom of the present hole is estimated to about 130 meters above the ice-water interface.

Several workshops have been held since 1993 to consider the best way to proceed with the scientific exploration of this and other subglacial lakes. Recognizing that these lakes are a unique natural phenomena, there has been a very slow and careful approach to the question of whether or not there should be actually drilling or entry into the lake water itself. The first workshop in Cambridge in 1993 was held to discuss the possibility that such a lake existed.

Professor A.P. Kapitsa then made a presentation to the SCAR meeting in Rome in 1994. This was followed by a SCAR sponsored workshop in Cambridge in 1995. This latter workshop included representatives of a variety of scientific disciplines, and the possibility of finding very old water and biological forms became the subject of a great deal of interest. SCAR has urged extreme caution in the development of any plans to drill into the lake, the sediments, and the bedrock floor of the basin.

More recently the interest of planetologists has become a part of the Lake Vostok discussions. The discovery of a huge ice cover on Europa, one of Jupiter's moons, and the indications that there may be a subglacial sea beneath it, makes Lake Vostok a possible

place to test out possible mechanisms to be used to study the ice and water of Europa. Thus, the interest of NASA in Lake Vostok.

The most recent workshop held in St. Petersburg in 1998 led to a series of recommendations regarding future work on the ice core itself, further geophysical study of the ice and the lake basin, and the development of techniques that would minimize the possibility of any contamination to the lake water, lake sediments, to the samples collected, and to those extracting such materials from the lake.

Further workshops will be held in the U.S. to acquaint U.S. researchers with the current status of discussions regarding Lake Vostok explorations, and a second SCAR sponsored workshop will be held in 1999 for the international community to give careful thought to the scientific merit and potential of the detailed exploration of this most interesting site.

Robert Rutford

*Protection of the Arctic Environment:
The Arctic Environmental Protection Strategy*

In 1991 at the First Arctic Ministerial Conference in Rovaniemi, Finland, it was recognized that anthropogenic pollution of the Arctic, especially persistent organic contaminants, heavy metals, and radioactivity, was of great concern (acidification and Arctic haze were added later). The result of this meeting was the adoption of the Arctic Environmental Protection Strategy (AEPS) by the governments of the eight circumpolar nations (Canada, Norway, Sweden, Finland, Russia, Iceland, U.S. and Denmark/Greenland. In 1996 a declaration on the establishment of an Arctic Council was signed by the eight countries and in 1997 the Council assumed responsibility for the programs under the AEPS.

The objectives of the AEPS are as follows:

- to protect the Arctic ecosystems, including humans
- to provide for the protection, enhancement, and restoration of natural resources, including their use by local populations and indigenous peoples of the Arctic
- to recognize and, to the extent possible, seek to accommodate the traditional and cultural values of the indigenous peoples as determined by themselves, related to the protection of the Arctic environment
- to review regularly the state of the Arctic environment to identify, reduce, and as a final goal eliminate pollution

To meet the objectives of AEPS, several international programs were established. These are:

- Arctic Monitoring and Assessment Program (AMAP)
- Protection of the Marine Environment on the Arctic (PMEA)
- Emergency, Prevention, Preparedness, and Response (EPPR)
- Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF)
- Sustainable Development and Utilization (SDU)

Two of these initiatives will be discussed here. First, AMAP which has now issued an initial report, "Arctic Pollution Issues: A State of the Environment Repon" following six years of cooperation and study. The members of AMAP include the Arctic rim countries, Indigenous Peoples Organizations, Observing Countries (Germany, Netherlands, Poland, and UK), Observing and Cooperating International Organizations, and other AEPS Organizations. The scientific documentation for the repon is found in a much longer and detailed document from AMAP entitled "The AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues". The Executive Summary of the "State of the Environment Repon" includes section on "Contaminant sources and pathways", "Contamination levels, trends, and effects", "Sensitive species, processes, and systems", "Geographical areas of concern", "Human Exposure", "Potential threats", "Gaps in Understanding", and concludes with a number of Recommendations.

A second initiative that has been active is the Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF) program. A series of reports has been issued dealing with a variety of subjects. Among these are "Habitat Conservation", "Species Conservation", "Conservation of Biological Diversity in the Arctic Region", and "Integration of Indigenous People and their Knowledge".

A great deal of information on these and other Arctic environmental issues are available on the Web. The International Arctic Environmental Data Directory is an excellent place to start.

José Valencia

Las bases geográficas y ambientales para la designación de Áreas Antárticas Especialmente Protegidas

Resumen

La designación de áreas protegidas es actualmente una de las opciones más utilizadas para la conservación de la naturaleza, frente al aumento de la demanda mundial de recursos naturales.

En el caso de la Antártica las designaciones comenzaron en 1965, bajo el régimen del Tratado Antártico. Más tarde, en 1990 finaliza la negociación del Protocolo para la Protección del Medio Ambiente Antártico, que entró en vigencia en Enero de 1998. A éste se agregó en 1991 el Anexo V, Protección y gestión de Zonas, en el que se reconocen las Áreas Antárticas Especialmente Protegidas (ASPAs) y las Áreas Antárticas Especialmente Administradas (ASMAs).

En esta presentación, reviso los antecedentes geográficos y ambientales para la designación de las ASPAs en función de los objetivos de conservación para la Antártica y del régimen del Sistema del Tratado Antártico y las relaciones entre las áreas actualmente vigentes y su asimilación al régimen del Protocolo.

El sistema actual de áreas protegidas tiene algunas deficiencias en lo referente a la representatividad, distribución geográfica, proporción del área del continente que está bajo protección y redundancia. Otros temas de discusión son las áreas marinas y la efectividad de todo el sistema de áreas protegidas.

Si se ratifica el Anexo V al Protocolo de Madrid, lo que se espera ocurra en 2001, y se hacen nuevas designaciones, éstas van a necesitar mucho mas información sobre la biota, tales como diversidad de especies y magnitud de las poblaciones. Todo para poder evaluar la efectividad de la protección, después de transcurrido el período para revisión del plan de manejo.

Introducción

El 15 de Enero de 1998, después de su ratificación, entró en vigor el Protocolo de Protección del Medio Ambiente Antártico. Este incluye cuatro Anexos, pero el quinto sobre gestión de áreas protegidas, adoptado en la Reunión Consultiva de Bonn, aun no ha sido ratificado. Las Partes Consultivas (PCTA's) considerando la importancia del tema decidieron realizar dos Talleres, que tuvieron lugar antes del inicio de las Consultivas de Tromso, 1998, y Lima, 1999. Estas reuniones han dado lugar a la revisión del sistema de áreas protegidas antárticas y representan una buena ocasión para hacer propuestas para mejorarlo.

Los temas que desarrollaré en esta intervención son la heterogeneidad geográfica de la Antártica y el uso de las matrices de clasificación de ecosistemas como instrumentos para examinar la representatividad de los sitios, aprobados por las PCTAs, como áreas protegidas, lo que responde al objetivo de conservar muestras de todos los ecosistemas de la Antártica. Estos dos temas no pueden tratarse sin referencia a los instrumentos del Sistema del Tratado Antártico y a los objetivos de conservación para la Antártica elaborados por el Comité de Investigaciones Antárticas (SCAR).

Esta revisión puede ayudar a clarificar preguntas como: ¿Qué conservar en la Antártica? ¿De qué tamaño deben ser las áreas protegidas? ¿Cómo se asegura la efectividad de la protección bajo las nuevas condiciones del Protocolo? También, es pertinente considerar cuáles son los riesgos y amenazas para el medio ambiente, teniendo en cuenta la magnitud de las actividades en la Antártica. Las amenazas que tienen origen en el continente son: el turismo, las pesquerías, la contaminación alrededor de las estaciones y las perturbaciones inducidas por las construcciones y la logística. Las amenazas que se originan fuera del área de aplicación del Tratado son: los cambios en la composición de la atmósfera, el agotamiento del ozono, la contaminación química y la introducción de especies foráneas.

El Contexto geográfico

La región antártica incluye la Antártica continental, la Península, varios grupos de islas y el océano que la rodea, el que se congela durante el invierno. La superficie del continente se estima en 12.0 millones de Km², aproximadamente el doble del tamaño de Australia. La altura promedio es 2000 m. Cerca del 0.2 % de la superficie del continente está desprovista de hielo, el resto está cubierto por un manto de hielo de 1800 m de espesor promedio, que varía según la región en el continente (Drewry, 1983). La meseta central alcanza 4270 m de elevación~ las rocas expuestas son más frecuentes en la región de la Península, representadas por las montañas Transantárticas y los Nunataks cercanos a la costa. La mayor parte de la costa (90 %) está formada por acantilados de hielo. Periódicamente los bordes de la cubierta de hielo se rompen dando lugar a la formación de enormes icebergs tabulares. Uno de los más recientes como el B - 15 mide 295 Km de largo por 37 Km de ancho, se desprendió de la Plataforma de hielo de Ross en Marzo de 2000.

La masa continental está formada por la Antártica Oriental y la Antártica Occidental que incluye la Península. La Antártica Este formaba parte de Gondwana hasta el Terciario medio. El manto de hielo interior es casi estéril y uno de los lugares más fríos del globo. La Antártica Occidental es mucho más pequeña que la Oriental, está formada por la Península y los archipiélagos de islas volcánicas, separados por mares profundos.

Esta breve descripción geográfica demuestra el grado de heterogeneidad física que es la base de los ecosistemas antárticos.

Todas las áreas protegidas antárticas quedan incluidas dentro del área de aplicación del Tratado al sur de los 60° de latitud sur (Art. VI, T. A), sólo aplicable a las masas continentales. La mayoría de las áreas protegidas antárticas son sitios y comunidades

terrestres. Sin embargo, las Partes Consultivas aprobaron sitios marinos protegidos durante la XIV Reunión Consultiva de Río de Janeiro (1987). Por otra parte, debemos incluir las áreas protegidas de la Convención para la Conservación de las Focas Antárticas (CCAS, 1970.) y las áreas de aplicación de la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA, 1980), que cubre todas las aguas oceánicas al sur de la Convergencia.

Actualmente, el sistema de áreas protegidas antárticas está formado por 62 sitios, todos oficialmente adoptados por las PCTA's, hasta la XXI Reunión Consultiva. Ellas son 22 áreas especialmente protegidas (SPA), 36 sitios de especial interés científico (SSSI), 3 reservas de focas (CCAS) y dos sitios de vigilancia de la CCRVMA. La superficie total de estos sitios alcanza 218.089 km², de los cuales las reservas de focas contribuyen con 215.217 km². Las áreas protegidas terrestres suman 790 km² y las marinas en el sur oeste del mar de Ross 217.298 km².

La superficie total del continente antártico al sur de los 60°, incluyendo todas las islas y sin considerar las plataformas de hielo se ha estimado en 12.093.000 km². Si la superficie total de las áreas protegidas es aproximadamente 790 km² esa superficie sólo representa el 0,007 % del área del continente. Por otra parte, si los cálculos se hacen sólo para las tierras descubiertas de hielo, el porcentaje sería mucho mayor.

Las Matrices de Ecosistemas

La necesidad de contar con un sistema para clasificar los ecosistemas antárticos fue reconocida por el Grupo de Trabajo de Biología de SCAR en su XII Reunión (1972). Luego las PCTA's aceptaron la idea de disponer de una buena clasificación de los ecosistemas para de ese modo asegurar la conservación de muestras representativas de todos ellos. Después, la constitución del Subcomité de Conservación, en 1974, durante la XIII reunión de SCAR, permitió que en una reunión especial, Mayo de 1976, se diseñaran las tres primeras matrices para sistemas terrestres, de aguas interiores y marinos. El Grupo de Trabajo de Biología sancionó el trabajo del Subcomité de Conservación y lo sometió a la consideración de los delegados que las aprobaron y enviaron a los comités nacionales. Las matrices fueron revisadas y mejoradas por el Grupo de Especialistas en Asuntos Ambientales y Conservación (GOSEAC) de SCAR y formaron parte de las discusiones del Taller de áreas protegidas de Cambridge en 1992.

Estas matrices pueden ser usadas como herramientas que simultáneamente separan y clasifican la heterogeneidad de los habitats y su correspondiente biota. De este modo proveen información para responder, en parte, la pregunta de ¿qué proteger en la Antártica? Esta información, puede ayudar a mejorar la consistencia del sistema de áreas protegidas antárticas al evitar la redundancia excesiva y mejorando la representación de la diversidad de las comunidades.

De un modo similar se originó el sistema de áreas protegidas antárticas. Las PCTA's aprobaron las Medidas acordadas para la Conservación de la Flora y Fauna Antárticas (Rec. III —8, Bruselas, 1964) estas condujeron al establecimiento de las Areas Especialmente Protegidas (SPA) (Rec. IV — 1-5, Santiago, 1966).

En la segunda etapa, los motivos para la designación de Areas Especialmente Protegidas (SPA's) y Sitios de Especial Interés Científico (SSSI's) se presentan en tablas para cada una de las matrices, en ellas los números corresponden a cada Sitio en la nomenclatura usada antes de la entrada en vigor del Protocolo de Madrid y las categorías corresponden a las celdas de cada matriz. La matriz para ecosistemas terrestres es la mejor representada.

1.- Matriz Propuesta para la clasificación de Ecosistemas Terrestres. categorías.

- Esta matriz contiene 99 Categorías.
- 45 Categorías carecen de biota
- 54 Categorías con representación
- 21 Categorías sin representación en el sistema.

Areas especialmente Protegidas.(SPA) Motivo para su designación

1. Colonia de Aves o focas.	1-2-3-4-5-8-15-21	Total	8
2. Vegetación Excepcional	9-13-14-19-20-22-23	Total	7
3. Representación Ecológica	7-16-17-18-24	Total	5
4. Histórico	25-26	Total	2
5. Transformadas en SSSIs	6-10-11-18-24	Total	4
Total			26

Sitios de Especial Interés Científico (SSSI) Motivo para su designación

1. Colonia de Aves o Focas.	1-4-7-8-13-14-18-23-32-33	10
2. Vegetación Excepcional	10-12-16-17-20-24	6
3. Representación Ecológica	15-19	2
4. Características Físicas	2-3-11-21-29	5
5. Presencia de Fósiles	5-6-25-30	4
6. Feilfield	9-22	2
Total		29

2.- Matriz Propuesta para la clasificación de Ecosistemas Marinos.

Esta matriz no tiene variables bióticas.

Los factores son agua / hielo y profundidad / substrato La matriz tiene:

- 60 Categorías
- 13 No son hábitats posibles
- 47 Categorías de representación potencial

Sitios Marinos de Especial Interés Científico (SSSI), Motivo para su designación.

Benthos	26-27-28-35-36	5
Litoral	34	1
Total		6

Areas Especialmente Protegidas (SPA) que contienen componentes marinos. elementos:

5-2-18-19	Total	4
-----------	-------	---

Sitios de Especial Interés Científico (SSSI) que contienen componentes marinos:

1-4-5-6-7-8-9-10-13-14-15-16-17~20 Total 14

(Gallardo, V.A., 1987)

3.- Matriz Propuesta para la clasificación de Ecosistemas de aguas interiores.

La matriz tiene:

96 categorías

9 carecen de biota

87 Categorías de representación potencial

Sitios de aguas interiores (SSSI) Motivo para su designación.

Investigación de lagos o lagunas 16-25-34 Total 3

Sitios de especial Interés Científico (SSSI) que contienen componentes de aguas interiores.

6-9-33 Total 3

Los Objetivos de Conservación para la Antártica propuestos por SCAR.

El Grupo de Trabajo de Biología de SCAR conciente de la falta de definiciones requeridas para el marco de referencia del sistema de Areas protegidas de la Antártica, discutió y luego propuso el documento que contiene todos los elementos derivados de la experiencia moderna de los biólogos en el tema. Estos fueron publicados en 1989 (SCAR Repon N°5, 1989). Los presento a continuación por la relevancia que tienen para este trabajo:

Los objetivos de conservación para la Antártica son la reducción de las perturbaciones derivadas de las actividades humanas de modo que:

1. La diversidad de los ecosistemas y de los fenómenos naturales tanto de la Antártica como del planeta tierra pueda ser mantenida.
2. La diversidad genética pueda preservarse asegurando que se mantengan poblaciones naturales de plantas y animales bajo condiciones naturales.
3. Las características únicas, las localidades o los complejos de características y los sitios de importancia histórica no sean perturbados.
4. La investigación científica, incluyendo la que entrega los datos básicos para medir los cambios de los ecosistemas, continúe siendo apoyada.
5. Los valores culturales, tales como la belleza de los paisajes, la calidad de inspiración, el estado silvestre y el potencial de recreación sean mantenidos.

Discusión

En este trabajo hemos examinado el contexto geográfico en que se basa la administración colegiada de las Áreas Protegidas vigentes en la Antártica, antes que entre en vigencia el Anexo V del Protocolo de Madrid. El advenimiento de este nuevo régimen, cambiará las categorías de áreas protegidas existentes, reduciéndolas a sólo dos.

Esta decisión de las PCTAs fue impulsada por la necesidad de simplificar un sistema que ya tenía demasiadas categorías de protección. En la práctica, cada una de las categorías vigentes es expresión directa de su objetivo de conservación y uso. La simplificación también respondía a la necesidad de evitar el crecimiento inorgánico del sistema de protección, que carece de un marco consistente explícito de conservación basado en la teoría ecológica.

Es evidente que al aplicar las matrices de ecosistemas propuestas por SCAR se advierte que las PCTAs no habían intentado organizar la conservación de ecosistemas representativos de la diversidad existente en el continente. Por el contrario, el sistema muestra un grado de redundancia que no ha sido evaluado. Por ejemplo, para los ecosistemas terrestres existen 18 áreas (SPA = 8, SSSI 10) para proteger colonias de focas o de aves y 13 para proteger comunidades de plantas. Ignoramos si ese grado de redundancia es benéfico o si fuese necesario considerar otras opciones. Una opción diferente podría ser mantener un número reducido de áreas para esos propósitos, pero que éstas fuesen de gran extensión.

En el tema de la representatividad, las matrices dejan en claro cuáles son las muestras de comunidades y ecosistemas que no están representados en la lista de sitios vigentes. Para los sitios terrestres son 21 las categorías de la matriz sin representación; algo similar ocurre con las matrices para ecosistemas marinos y de aguas interiores. Hasta ahora no ha habido propuestas para mejorar la representatividad de toda la diversidad de los ecosistemas antárticos. Tampoco se ha evaluado si éste es el mejor modo de enriquecer el sistema de áreas protegidas antárticas.

La distribución geográfica de las áreas protegidas es muy dispareja. El 50% de ellas se encuentra concentrada en la región de la Península, (de 60 áreas aprobadas por las PCTAs 30 están en el sector de la Península según la lista publicada por el Foreign and Commonwealth Office, para 1996). Esta situación corresponde a la intensidad de la investigación científica y a la mayor frecuencia de las visitas de turismo en la zona. Otros factores que influyen son la accesibilidad y la belleza natural de esa región. No se ha discutido la posibilidad de corregir la disparidad de esta distribución. No obstante, si la actividad humana se concentra en esta región, los riesgos ambientales potenciales podrían justificar la disparidad de la distribución geográfica. Sin embargo, esto no resuelve la falta de áreas protegidas en otras regiones del continente.

La aplicación del Anexo V y del Protocolo tenderán a producir confusión ya que al asimilar las categorías vigentes al nuevo régimen quedarán bajo la misma categoría de conservación las Áreas Especialmente Protegidas (SPA), los Sitios de Especial Interés Científico (SSSI) y los Sitios Históricos. De este modo el motivo original para la designación del área deja de ser explícito y es necesario ir a encontrarlo en el plan de manejo.

Conclusiones

El sistema actual de Areas Protegidas de la Antártica tiene algunas deficiencias referentes a la representatividad, disparidad de la distribución geográfica, proporcionalidad con el área total de continente y grado de redundancia.

Las matrices de ecosistemas marinos y de aguas interiores requieren de más elaboración, para poder usarlas en la evaluación de representatividad.

Las matrices de ecosistemas pueden mejorarse si se agregan otras propiedades y valores de conservación.

Se podría considerar la construcción de matrices que incluyeran las características biogeográficas, tal como se ha hecho en otros continentes.

Hay considerable necesidad de más información sobre la biota presente en las áreas protegidas, tales como número de especies, diversidad de tiempo de generación, flujos de energía y materiales y otros datos relevantes que facilitan la administración.

Hay urgente necesidad de desarrollar criterio para la evaluación de la efectividad de la protección en cada área.

Referencias

ANON. 1989. SCAR Objectives of Conservation in the Antarctic. SCAR Repon N°5 June, p. 12 SCAR Cambridge.

ANON. 1997. List of Protected Areas in Antarctica. Foreign & Commonwealth Office, SAS. Gemini Press, London.

BONNER, W.N. and SMITH, R.I.L. (Eds) 1985. Conservation Areas in the Antarctic. SCAR, Cambridge.

GALLARDO, VA. 1987. Analysis of Antarctic conservation areas with emphasis on marine areas. Ser. Cient. INACH 36:177-184.

HOLDGATE, M.W. 1970. Conservation in the Antarctic. In Holdgate ed. Antarctic Ecology. Academic Press, London, N.Y. p.924 - 943

SMITH, R.I.L. 1994. Environmental - Geographic basis for the Protected Areas System. In Smith, R. I. Lewis, Waiton, D.W.H. and Dingwall, PR. Eds. Developing the Antarctic Protected Areas system. IUCN. Conservation of southern Polar Regions N01, SCAR - IUCN, Gland and Cambridge.

SOULÉ, M. (Ed.) 1986. Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Masa., U.S.A

STONEHOUSE, B. 1989. Polar Ecology. Blakie, London.

VALENCIA, J. 2000. Second Antarctic Protected Areas Workshop, Lima 22-23 May 1999. Min. Rel.- INACH, 2000.

Carlos Ríos, Gino Casassa, Soledad Astorga, Beatriz Candia, Johann Canto,
Néstor Hernández, Tatiana Hromic, Octavio Lecaros y Erika Mutschke

Diseño de un programa de monitoreo antártico

El objetivo general de este proyecto es diseñar un programa de monitoreo de las distintas actividades que realiza nuestro país en el Territorio Chileno Antártico con la finalidad de evaluar su condición ambiental. El proyecto incorpora la revisión de la legislación internacional y aquella nacional existente, incluyendo el Sistema del Tratado Antártico, especialmente el Protocolo de Madrid, en el plano internacional, y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de la Ley 19.300 a nivel nacional, identificando la compatibilidad de ambas normativas, y concluyendo acerca de normativas que deberían ser aplicadas para resguardar en forma adecuada el medio ambiente antártico. El diseño de monitoreo propone un marco metodológico piloto y perfectible orientado a medir las variables relevantes del ambiente atmosférico, terrestre y marino, que permitan caracterizar adecuadamente los impactos ambientales actuales y potenciales en la Antártica, determinándose una frecuencia de muestreo de dos veces por año. Se realiza un análisis de costos de dicho plan de monitoreo, el cual se debiera llevar a cabo durante un período mínimo de 5 años. Para el monitoreo se eligen cinco sitios correspondientes a bases y refugios chilenos en la Antártica: Base Frei, Base Prat, Base O'Higgins, Base Gabriel González Videla y Cabo Shirreff. Los resultados que se obtengan de la aplicación del plan de monitoreo buscan servir de elemento base para la formulación de un plan de manejo ambiental que incorpore medidas preventivas, de mitigación, y restauradoras, permitiendo de esta manera incorporar en forma permanente mejoras en los procedimientos y/o acciones que se desarrollan en Antártica por los diferentes operadores nacionales.

José Yáñez

Sobre Protección Ambiental, Instrumentos y Deseos

Introducción

El 4 de octubre de 1991, en Madrid, se firmó el Protocolo de Protección Ambiental al Tratado Antártico. Este nuevo régimen lejos de representar la conclusión de una etapa, inauguró una nueva era dentro del manejo ambiental del continente antártico. Todavía es preciso ir constatando cómo se traduce en hechos concretos la voluntad política de los miembros del Tratado Antártico al firmarlo y ratificarlo.

Algunos elementos vitales para reforzar el carácter comprensivo de este Protocolo todavía no se han establecido. Entre ellos, reglas sobre responsabilidad en el caso de daño al medio ambiente, el proceso de establecimiento del Comité de Protección Ambiental creado por el Protocolo, y algunas reglas específicas para actividades turísticas. De estos temas, es el de la responsabilidad el que representa el obstáculo más difícil de salvar. La Convención de Minerales demoró seis años en negociarse, y dos más para que quedara sin fuerza. Ni siquiera en ocho años, y con la perspectiva relativamente cercana de una explotación comercial de minerales se pudo convenir en reglas para determinar quién se haría responsable y cuánto debería pagarse en caso de daño al ambiente.

El Protocolo establece la protección comprensiva del ambiente antártico y sus ecosistemas dependientes y asociados. Se declara a la Antártida una reserva natural, dedicada a la paz y la ciencia. Todas las actividades están sujetas a una evaluación ambiental. Las actividades científicas son todavía la más alta prioridad y se exhorta a los signatarios a aumentar la cooperación.

Desde mediados de la década del 80, comenzó a aumentar la conciencia pública sobre este continente. Una de las consecuencias de ese aumento en la conciencia ha sido la transparencia del Sistema del Tratado Antártico. Ya desde fines de 1991, hay más accesibilidad y publicidad en los hechos y el Tratado Antártico acepta observadores. Sin embargo, la sobre pesca continúa en el Océano Austral y muchas estaciones operan ejerciendo un fuerte impacto ambiental.

En el transcurso de los años 80, se realizaron varios estudios sobre el estado del planeta. Según éstos, la salud de la Tierra presenta un débil panorama, sin que se pueda indicar cuándo se revertirá la tendencia. Cada año que pasa, crece la conciencia sobre los problemas globales, y la necesidad de encontrar soluciones también globales a estos problemas. En algunos casos, estas soluciones traspasan las fronteras y los conceptos de soberanía tradicionales.

La idea de soberanía nacional se modificó en sus fundamentos por el hecho de existir interdependencias en las esferas de economía, medio ambiente y seguridad. No se pueden administrar los bienes mundiales a partir de un centro nacional; y el Estado, en cuanto

nación, es incapaz de hacer frente a las amenazas en que se coloca a los ecosistemas compartidos. La Antártida, como espacio compartido, administrado dentro de un instrumento internacional como el Sistema del Tratado Antártico, se enfrenta a un nuevo escenario ambiental en las puertas del año 2000.

Aunque el artículo más importante del Protocolo es el que prohíbe las actividades de exploración y explotación de minerales con una moratoria de cincuenta años, las medidas más específicas de protección están contenidas en cinco anexos que son:

Anexo I. Evaluación de Impacto ambiental.

Origen: Art. 8 del Protocolo

Contenido: Ocho artículos

Anexo II. Conservación de la fauna y flora antárticas.

Origen: Medidas convenidas para la protección de la flora y fauna antárticas.

Contenido: Nueve artículos y tres apéndices.

Anexo III. Eliminación y tratamiento de residuos.

Origen: Código de conducta.

Contenido: Trece artículos.

Anexo IV. Prevención de la contaminación marina

Contenido: Quince artículos.

Anexo V. Manejo y protección de áreas.

Contenido: Doce artículos

No obstante, no sorprenderá saber que muchos de los problemas ambientales de la Antártica no tienen su origen en las actividades humanas verificadas en ese continente. Al contrario, son las actividades que el hombre realiza en el resto del planeta las que contribuyen al efecto invernadero y la disminución de la capa de ozono.

Importancia ambiental de la Antártica

Se dice que la Antártica es el espacio natural más grande del planeta, y el más frágil en varias maneras. Los ecosistemas terrestres y de agua dulce son extremadamente vulnerables, porque el crecimiento es extremadamente lento en estas condiciones climáticas tan severas.

Normalmente un ecosistema tiene varios niveles de interdependencia. Los ecosistemas antárticos, sin embargo, son mucho más simples que aquellos de regiones tropicales, porque contienen menos especies y las cadenas tróficas son más cortas.

El valor de la Antártica como un espacio casi prístino es importante para la investigación científica sobre problemas ambientales globales. Por los escasos focos de contaminación

local, es posible medir la dispersión mundial de otros contaminantes como DDT, pesticidas, metales pesados, etc.

Los climatólogos ven con alarma el proceso mundial de cambio de clima. Los clorofluorcarbonos (CFC) son algunos de los principales gases que causan la disminución de la capa de ozono y el efecto invernadero. Estas informaciones fueron posible gracias a investigaciones realizadas en la Antártica.

Amenazas ambientales para la Antártica

Existen varios tipos de amenazas ambientales derivadas de la presencia humana en y alrededor de la Antártida. También son preocupantes aquellas producidas fuera de la región, pero no serán objeto de discusión del presente trabajo.

a. Destrucción de habitat

Sólo un 2% de los 14 millones de kilómetros cuadrados está libre de hielo (el equivalente a la superficie de la provincia de Tucumán, en Argentina, o la VI Región de Chile). Allí se concentra toda la vida natural. La presión sobre este espacio aumenta a medida que se requiere la presencia de bases para tener poder de decisión dentro del Tratado Antártico, por la interpretación del Artículo IX del mismo.

b. Eliminación inapropiada de Desechos.

Se ha documentado problemas en este campo en numerosas estaciones antárticas. Se ha observado -entre otras prácticas- el vertimiento de sustancias contaminantes, incineración a cielo abierto de plásticos y otras sustancias. Aunque éstas son situaciones que han ido disminuyendo en el tiempo, es necesario estar siempre preocupados del tema.

c. Accidentes

Se han producido numerosos accidentes y derrames de combustible en aguas antárticas, de los cuales el más conocido probablemente sea el de la nave Bahía Paraíso, de Argentina. Este no ha sido el primero, y ciertamente no será el último si el tránsito marítimo en la zona continúa aumentando.

d. Sobrepesca

Varias especies antárticas han sido capturadas en exceso. Hay consenso de que la población actual del bacalao antártico (*Notothenia rossii*) se redujo al 2% del total original, luego de una década de pesca.

e. Explotación mineral

La amenaza más seria podría materializarse si ocurriera la exploración y explotación industrial de minerales. La consecuencia inmediata sería la competencia por el espacio entre los mineros y la vida natural. Los derrames en la extracción de petróleo y el transporte serían inevitables en las extremas condiciones climáticas de la Antártica. Casos como los de las naves EXXON VALDEZ (1989) en Alaska y el AMOCO CADIZ (1978) en Francia, tendrían impactos mucho mayores en esta zona inaccesible.

La actividad minera también sería conflictiva en materia de cooperación científica, a medida que las prioridades de investigación se orienten hacia la búsqueda de recursos y las empresas retengan los datos, ya que estos tendrían valor comercial.

Reflexiones

1. Acerca del mundo natural

A pesar de que decimos que la Antártica es un escenario natural, yo creo que el mundo natural se acabó, porque es un ámbito que existe con independencia del quehacer humano. Un ámbito natural es independiente: hielos, bosques, praderas, mares, lo que fuere, que existe con independencia del quehacer humano y frente al cual las cosas que hacemos son tan pequeñas que en el transcurso del vivir nuestro, quedan completamente borradas. Uno extrae del mundo natural algo y éste lo repone, de modo que es como si no hubiésemos extraído.

Y pienso que el mundo natural no existe porque, no solamente transformamos nuestro ambiente a gran velocidad, sino porque ni siquiera la Antártica puede existir sin la acción humana, aunque la acción humana sea no tocarla.

Nuestras actividades son, en estos momentos, de tal magnitud que la dinámica normal de reposición de bosque, del restablecimiento de la limpieza de las aguas en los lagos, de la recuperación de la flora y la fauna en el mar, del reciclaje de la basura en la Antártica, etc., es mucho, mucho, mucho más lenta que la velocidad con la cual nosotros extraemos o alteramos.

Un bosque nativo o un cierto ecosistema antártico es en tanto lo dejamos ser; es decir lo cuidamos. A mí me gustaría, como inspiración fundamental hacer de la Antártica un parque para los terrícolas.

¿Qué es un parque? Un parque es un ámbito cuidado, un ámbito en el cual uno se mueve de tal manera que no lo destruye en la extracción más intensa que la reposición natural. O uno repone en parte la reposición natural. Y uno no echa desechos con una velocidad mayor que lo que este mismo lugar puede transformar y deshacer.

Todo el mundo entiende lo que es un parque: cuando uno va a un parque lleno de basura con los árboles secos, con las plantas destruidas, uno dice: ¡ Esto no parece un parque! ¿Dónde están las personas encargadas de cuidarlo?

Bueno, nosotros, los humanos, en estos momentos somos los únicos que podemos ser los encargados de este parque que es la Antártica y la Tierra en general.

Se acabó el mundo natural, no existe. Tampoco existen recursos naturales, pues la idea de recursos naturales está asociada al mundo natural, está asociada a algo que está allí, en el fondo en una magnitud infinita. Ya sea, porque lo que uno extrae es tan pequeño con respecto a su magnitud o porque la velocidad de reposición es tan rápida que es como si

uno no extrajese algo.

2.-Acerca de sobrepoblación, contaminación y crecimiento.

En algún momento de la historia una población mucho más pequeña podía moverse recolectando en un área determinada, pasaba por un lugar, recogía los frutos, las semillas y se volvía a otro. Cuando volvía meses después o al año siguiente a ese mismo lugar, ya todo se había restituido de manera normal. Eso ya no pasa más. Y la verdad es que ya no puede pasar más. No puede pasar más, porque la población de la Tierra ya es muy grande.

La noción de sobrepoblación o de población excesiva, para mi gusto, no puede mirarse con un criterio cuantitativo; no es una cantidad. La sobrepoblación es una relación, una relación de ocupación, de extracción más rápida que la reposición normal. Donde quiera que haya una extracción, en condiciones naturales, de frutos, de peces, de plantas o de ballenas, más rápida que la reposición normal en el espacio legítimo de vida -por ejemplo anual- hay sobrepoblación.

Por eso es que la sobrepoblación en tanto es una relación, es diferente en distintas áreas. No es lo mismo, un área con una tierra fértil en la que uno puede tener uno o dos cultivos al año, que un área donde uno tiene que dejar descansar un terreno año por medio, o una donde sencillamente no es posible la agricultura.

Lo mismo sucede con la noción de contaminación: es una relación. No es una cantidad de desechos, sino una relación de entrega de desechos a una velocidad mayor que la transformación normal.

Ahora la sobrepoblación puede ser local, o no local. O sea, pueden ser las personas que están en este lugar las que extraen con mayor velocidad de lo que el lugar repone, para su propio consumo. O puede ser distante. Si yo extraigo de un lugar para exportar, con más velocidad que aquella que el lugar repone, en verdad aquella población que va a consumir lo que yo exporto está poblando ese lugar y hay una sobrepoblación. Esto es exactamente lo que pasa con los recursos marinos vivos de la Antártica. Uno ve muy poca gente allí, pero hay una gran sobrepoblación no local sobre el Océano Austral.

La pobreza y la contaminación ambiental son siempre signo de sobrepoblación. Si yo extraigo más rápido que lo que el lugar repone, me empobrezco.

Sobrepoblación significa pobreza, pobreza significa sobrepoblación. Contaminación ambiental significa sobrepoblación, siempre. Porque es una relación. No es una cantidad en términos de personas, no es una cantidad en términos de masa extraída o entregada sino que una relación de extracción y reposición, de entrega de desechos y transformación.

Normalmente, en un ámbito ecológicamente armónico existe una gran diversidad y las poblaciones están en una dinámica estable, oscilan en torno a ciertos valores. Pero no hay un crecimiento poblacional, no hay un crecimiento demográfico normal. O lo hay porque hay una continua transformación ecológica. Claro, el bosque puede estar invadiendo la

pradera porque se acabaron los animales consumidores de pasto, por ejemplo. Entonces, allí hay una transformación ecológica. Pero esto del crecimiento demográfico normal, yo creo es una postura ideológica, interpretativa de la vida humana que vale la pena revisar.

Nosotros valoramos el crecimiento. Parece que el crecimiento es una cosa positiva; hablamos del crecimiento personal, del crecimiento de los conocimientos, en fin. Pero, ¿es cierto que el crecimiento es un valor?

3.- Acerca de los deseos

No quisiera hablar del crecimiento sustentable, preferiría hablar de la transformación deseable. ¿Cómo nos queremos transformar?

Nosotros no siempre nos damos cuenta de que cada vez que se configura un sistema, una empresa, una institución cualquiera, un colegio, un ministerio o lo que fuere, se definen ciertas relaciones internas y con un entorno, que de hecho definen a ese sistema, a esa empresa o institución. Y es la conservación de esas relaciones lo central en la existencia de ese sistema, de esa empresa o institución, porque en tanto esas relaciones que la definen se conservan, existen como tales.

Cada vez que aparece un sistema, y un sistema aparece en el momento en que un conjunto de relaciones se comienza a conservar, se abre espacio para que todo lo demás cambie.

De modo que lo que uno quiere -que es lo que define en el fondo lo que uno conserva- abre espacio para que todo lo demás, que no ha sido considerado en lo que uno quiere, pueda cambiar. Y esto no es trivial para nada. Porque quiere decir que el curso de la Historia depende de lo que queremos. Y esa es la verdad.

Si ustedes examinan la Historia verán que el curso de ella es el curso de los deseos; el curso de las cosas que los seres humanos queremos conservar. ¿Queremos vestidos de seda? Hacemos todo lo que sea del caso para comerciar la seda. ¿Queremos condimentar nuestros alimentos de una cierta manera? Hacemos todo lo que sea del caso para asegurar la presencia de esos condimentos. Y entraremos en guerra, en exploraciones, en sacrificios, porque estamos conservando la satisfacción de un cierto deseo.

Pienso también que la verdadera fuente para transformar el mundo de una manera que puede resultar más deseable, es desde luego la conservación, por eso es que la democracia es una cosa muy especial. La democracia es un espacio de convivencia en el cual podemos conversar y generar proyectos comunes, en el cual todas las opiniones pueden ser escuchadas y al escucharlas, reflexionar acerca de ellas e ir generando un proyecto común. Como el proyecto que podría ser "hagamos de la Antártica un parque para los humanos".

¿Qué relaciones queremos conservar en nuestro vivir, con respecto a la población, con respecto a la pobreza, con respecto al daño ambiental o al ecológico? Eso va a definir lo

que se puede cambiar.

Yo no puedo decir lo que tenemos que hacer. Si yo lo dijese ustedes tendrían opiniones distintas inmediatamente. Si yo entregase un procedimiento generaría una ceguera, porque en el momento que tengo un procedimiento que debo aplicar, no reflexiono más. Las tecnologías generan cegueras.

Pero podemos conservar el entendimiento a través de discusiones como ésta y la generacion de acciones que tengan que ver con un proyecto común. La democracia, la convivencia en democracia, es la oportunidad del proyecto común, es la posibilidad de cometer errores y corregirlos en función del proyecto común, en función de lo que deseamos. Y el deseo y la conversación sobre el deseo, irá generando la discusión sobre las acciones a realizar.

Sin embargo, para eso no sólo tenemos que contestar la pregunta "¿Qué Antártica o Artico queremos?", sino en definitiva "¿En que mundo queremos vivir?".

TEMA 3

LAS CARACTERISTICAS DE LOS PROCESOS ECOLOGICOS EN LOS ECOSISTEMAS POLARES

Matthias Gorny

Benthos ecology of the Magellan Region compared to Antarctica and Arctic areas

This presentation deals with some important aspects of benthos ecology of the Magellan Region. Some comparisons with Antarctic and Arctic benthos are made. Major aspects of benthic research will be shown and some results of community structures, feeding behaviour, reproductive biology and life cycles of selected species will complete the information.

1. The marine environment of the Magellan Region (Structures and conditions)

The marine environment is influenced by geomorphologic structures such as the extensive channel and fjord system, the connection between the Pacific and Atlantic Oceans by the Strait of Magellan, and conditions such as the impact of glaciers and terrestrial input by rivers (sediment), and rainfall (decrease and seasonal variation of salinity). The region is located close to Antarctica, and has cold - temperate or subantarctic conditions, at least towards the southernmost parts of Tierra del Fuego.

2. Benthos investigations at the Instituto de la Patagonia / Universidad de Magallanes

Benthos investigations include intertidal studies, near shore sampling in shallow waters from zodiacs and by means of diving, and investigations of the deep water benthos or sublittoral towards the continental slope in channels, fjords and along the Pacific coast. One major goal is an inventory of the benthic communities (composition and abundance estimates). Other studies focus on the autecology of selected key species, such as investigations of the reproductive biology and physiology.

The intertidal zones provide several key species such as sea stars or snails, but in general bivalves represent the most abundant group with values up to 300-500 individuals per m². The feeding behaviour and reproductive biology of the sea star *Anasterias antarctica* is also part of our studies.

Macroalgae are more diverse in the Magellan Region compared to Antarctica, but at least 6 species are common on both sides of the Drake Passage. The temperate tolerance of Magellan species lies between 5° and 24° C; of the Antarctic species between 0° and 16° C. The kelp forests (the kelp attain to lengths of 9m) provide housing for crustaceans, molluscs, hydrozoans and amphipods. Large kelp forests are also known from Arctic regions, but lack in Antarctica.

About 100 bottom hauls with an Agassiz trawl and core samples were taken in the entire area between Chiloe and Cap Horn, and one year visual observations by means of an underwater video system complete the studies. In general, soft bottom of varying sediment fractions are present in most parts, whereas hard substrate is more common in the channels and fjords. Probably the Magellan Region provides slightly lower numbers of sediments than compared to Antarctica, and similar numbers as in the Arctic environment. However, variation of taxa number and species composition occurs between the different channels and fjords. Crustaceans, echinoderms and polychaets are the dominant groups in general, bivalves as well, but the latter more in shallower depths. Abundance estimates by means

of underwater video revealed maximum densities around 40 - 50 individuals per m² (decapod crustaceans and bivalves on soft bottoms, sea urchins on hard substrata). Among decapod crustaceans, the anomuran crab *Munida subrugosa* is the most abundant species. In comparison, caridean shrimps are the dominant decapods in the north and south polar seas. Echinoderms, with sea stars, brittle stars and echinoids, represent another very abundant group.

Life cycles and reveal delayed maturity, low reproductive output and large final sizes, coupled with slow growth. Magellan decapod species attain first maturity at similar sizes, compared to Antarctic and Arctic species. Preliminary observations indicate faster growth compared to Antarctic benthic organisms.

Foraminíferos de las regiones polares

Resumen

Se estudiaron los foraminíferos presentes en el Océano Ártico y en las aguas del continente antártico, para detectar posibles similitudes en la composición faunística. Se registraron 443 especies para ambas regiones polares, de las cuales 295 (66,6%), fueron citadas para aguas antárticas y 203 (45,8%) para aguas del Ártico.

De las especies antárticas el 34,9% eran aglutinadas y el 65,1%, especies calcáreas. Para el Ártico el 26,6% fueron especies aglutinadas y el 73,3% especies calcáreas.

En esta lista preliminar sólo se encontraron 56 especies (12,6%) de foraminíferos con distribución bipolar, la mayoría de las cuales eran cosmopolitas y formaban parte de la fauna acompañante. De ellas, el 63,6% son especies aglutinadas.

De un total de 153 géneros contabilizados en ambas regiones, sólo 31 de ellos (20,8%) tenían especies comunes en ambos polos. 53 géneros (34,6%) estaban representados sólo en Antártica y 35 géneros (22,8%) sólo en el Ártico. Los restantes géneros (20,3%) se encontraban representados por especies diferentes.

Las especies dominantes de las asociaciones fueron completamente diferentes.

La diversidad a nivel de asociación es mucho mayor en las aguas antárticas que en las aguas árticas. Para Antártica se describen 13 asociaciones principales y 52 asociaciones secundarias, mientras que para el Ártico, 10 asociaciones principales y 19 secundarias.

Se encontraron 64 especies (14,4%) y 68 géneros (44,4%) de foraminíferos presentes tanto en las aguas del Ártico como en las aguas subantárticas chilenas.

Estas diferencias se atribuyen a que la Antártica sería una zona con mayor riqueza de biotopos y a que el área subantártica presentaría una fisiografía y condiciones ambientales generales similares a la periferia del Océano Ártico.

Palabras clave: Foraminíferos, Océano Ártico, Antártica, área subantártica chilena.

Abstract

The purpose of this study is to compare from a taxonomic point of view the foraminifers, from the Arctic Ocean and Antarctic region. A total of 443 species were found in both polar regions, 295 (66,6%) species were registered in Antarctic waters and 203 (45,8%) species, in Arctic waters.

Only 56 species (12,6%) showed bipolar distribution, most of them were cosmopolitan species, they were accompanying species. 63,6% of them were agglutinated species.

34,9% of the Antarctic species were arenaceous and 26,6% of the Arctic species were arenaceous too.

The total number of genera was 153 in both regions, only 31 of them (20,2%) had the same species in the two Poles. 53 genera (34,6%) have species only in the Antarctic area and 35 genera (22,8%) only in the Arctic water. The rest of the genera (20,1%) have different species in each Pole.

Different dominant species and different associations were found in the two Polar Regions.

Association diversity was high in the Antarctic water. 13 principal associations and 52 secondary associations were found in Antarctic region and 10 principal associations and 19 secondary associations were found in Arctic region.

64 species (14,4%) and 68 genera (44,44%) of Arctic foraminifers are common with Chilean sub Antarctic species.

The Antarctic area probably has more biotopes than the Arctic area; on the other hand, there was physiographic and environmental similarity between subAntarctic and Arctic regions.

Keywords: Foraminifers, Arctic Ocean, Antarctic waters, Chilean Sub Antarctic region.

Introducción

Los estudios sobre los foraminíferos bentónicos, extraídos tanto de sedimentos provenientes del Océano Ártico como de los mares adyacentes al continente antártico han sido de gran interés para los investigadores del campo de la Biología Marina.

El primer estudio conocido sobre los foraminíferos bentónicos de las aguas antárticas fue realizado por Brady (1884), quien analizó muestras obtenidas durante la expedición del *Challenger* entre los años 1873-1876.

Posteriormente se estudiaron sedimentos extraídos durante otras expediciones como: *The Deutsche Sud-Polar Expedition* (1901-1903); *The Scotia Expedition* (1903-1904); *British Antarctic Expedition* (1907-1909); *Pourquoi pas?* (1908-1910); *The Terra Nova Expedition* (1910); *The British and New Zealand Antarctic Research Expedition* (1929-1931); *Expedición Antártica Australiana* (1911-1914); *The Australasian Antarctic Expedition* (1911-1914); *Discovery* (1932), *Bay of Whales Ross Sea* (1936); *The Deep Freeze IV* (1962); etc.

Entre los principales investigadores de la microfauna antártica, desde el punto de vista taxonómico, cabe destacar: Fauré-Fremiet (1914); Pearcey (1914); Heron-Allen & Earland (1932); Earland (1933, 1934); Cushman (1945); Parr (1950); McKnight (1962); Pflum (1966); Kennett (1967); Echols (1971); Lena (1975, 1980); Finger & Lipps (1981); Nomura (1984); Ward & Webb (1986), Kellog & Kellog (1987), etc. Entre los que han puesto el énfasis en el estudio de los ecosistemas así como aspectos de distribución batimétrica se pueden mencionar: Saidova (1961^a); McKnight (1962); Bandy & Echols (1964); Lena (1975).

Pearcey (1920) fue el primero en notar la presencia de una abundante fauna arenácea en profundidades en las cuales, en áreas más templadas, dominaban formas calcáreas. Earland (1934), por su parte destacó que la microfauna presentaba una distribución circumpolar.

En 1962 la National Science Foundation auspició un Programa de Investigación Antártica que se desarrolló a bordo del *Eltanin*. Como resultado de este programa que contempló un extenso muestreo y permitió el uso de equipos más sofisticados, se pudo evaluar cuantitativamente las tendencias de los patrones de distribución y analizar los factores ambientales que marcaban esta distribución. Uchiro (1960), Saidova (1961a, 1965),

McKnight (1962), Pflum (1966), Bandy y Echols (1964), Kennett (1966, 1967, 1968^a) y Echols (1971) figuran entre los autores más destacados en el estudio de los foraminíferos antárticos durante este periodo. La mayoría de los estudios se han realizado a partir de muestras obtenidas a gran profundidad principalmente en el mar de Ross y en el mar de Weddell.

En forma paralela a los estudios sobre foraminíferos bentónicos se estudiaron también los planctónicos. Beliaeva (1964) concluyó que el único foraminífero planctónico en aguas antárticas era *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) (forma sinostrosa). Posteriormente, Blair (1965) sugirió que la distribución de estos foraminíferos estaba controlada por la Convergencia Antártica.

En los últimos 30 años los estudios de la microfauna antártica han estado ligados a expediciones organizadas por diversos países y no es difícil encontrar en la literatura trabajos relacionados con la ecología, distribución geográfica y batimétrica, estudios de contaminación, etc., sobre este grupo.

Se conoce un par de contribuciones de autores chilenos. Martínez y Martínez (1994) estudiaron muestras extraídas en bahía Chile. Hromic (1997, 1999), dio a conocer la fauna de isla Decepción, 30 años después de las erupciones volcánicas y las fluctuaciones de la microfauna en bahía Fildes, respectivamente. Hromic y Páez (1998) analizaron muestras procedentes nuevamente de bahía Chile.

En la región del océano Glacial Ártico se han realizado también numerosas investigaciones sobre los foraminíferos. Cabe destacar los trabajos de Parker & Jones (1857, 1865, estudios taxonómicos); Norman (1877); Carpenter (1978); Brady (1878, 1871^a, estudios taxonómicos); Terquem (1886); Göes (1894, estudios taxonómicos); Boggild (1906); Kiaer (1899, 1906, 1909) Cushman (1920, 1922, 1933, 1941, 1948, bahía Baffin y tierra de Lancaster, estudios taxonómicos); Sparck (1933); Torzón (1934); Norvang (1945); Höglund (1947); Stschedrina (1936, 1939); Tappan (1951); Phleger (1952); Loeblich y Tappan (1953, estudios taxonómicos); Green (1958; 1960, parte más profunda del Ártico); Anderson (1963); Cooper, (1964); Vilks (1969, 1975, estudios de distribución); Haman (1973); Lagoe (1977, 1979, 1980, distribución en partes profundas del Ártico); Todd y Low (1980, distribución); Clark *et al.* (1980, Ártico central); Jackson *et al.* (1985: Ártico central) Schafer y Cole (1983, especies bentónicas de los fiordos de la isla de Baffin); Scotts y Vilks (1991, estudiaron los foraminíferos obtenidos en las expediciones CESAR, LOREX, FRAM II y FRAM III); Schröder *et al.* (1990); Schmiel y Mackensen (1993); Evans, (1995, foraminíferos aglutinados); Miller, Nomura y Osterman (1996), etc.

También desde las primeras expediciones, como la de *Bartlett* (1925-1932), se recolectaron sedimentos para el estudio de los foraminíferos.

Lagoe (1980) concluyó que las asociaciones de foraminíferos aglutinados eran típicas de sedimentos de aguas someras cubiertas siempre con hielo. También se las encontraba en ambientes subárticos y en las zonas profundas frente a Rusia. En las zonas de plataforma a menor profundidad y que pierden la capa de hielo en verano, prevalecían las agrupaciones calcáreas.

Antecedentes

Ártico

El Océano Ártico se encuentra situado al norte del Círculo Polar Ártico, ocupando

una superficie aproximada de 14.000.000 km². Su profundidad llega a los 4.085 m en la zona central y decrece notablemente en los bordes continentales. La porción central se encuentra cubierta de una banquisa de hielo perenne, que llega en el invierno, más al sur de los 80° N quedando prácticamente helada, 2/3 de su superficie.

La banquisa es muy irregular, los espesores mínimos observados alcanzan 3 a 4 m, pudiendo llegar los máximos, en zonas cercanas, a los 50- 60 m. Estas diferencias de espesores, permite que en algunas zonas, parte de la luz solar atraviese los hielos, lo que estimula una vida fitoplanctónica abundante bajo el casquete. Otro efecto importante atribuido a la diferencia de espesores, es que en verano las zonas más delgadas se derri-ten dando paso a canales de agua libre (polinias) lo que permitiría la vida marina abundante (Zavatti, 1967^a)

Durante la época invernal y rodeando la banquisa central se produce una capa de *pack* que conforma una aureola. La sedimentación bajo esta enorme capa de hielo es escasa y probablemente no se ha depositado más de un metro desde el Pleistoceno (Scott y Vilks, 1991)

En el Ártico pueden reconocerse tres capas de aguas: a) Las Aguas Superficiales: ocupan los primeros 200m de profundidad, con una salinidad baja (27‰ - 34,5‰) debido al gran aporte hídrico fluvial y con temperatura muy variable; es posible que sólo se realice intercambio de agua con el Pacífico y el Atlántico a este nivel. Cabe destacar que el Ártico se comunica con el Pacífico (mar de Bering) a través del estrecho de Bering cuya longitud es de unos 100 km y su profundidad de 50-60 m. b) Las Aguas Atlánticas intermedias: debajo de las primeras, alcanzan los 900 m de profundidad. Su salinidad es del 34, 85‰ y su temperatura de 0,5° C, entre 400 y 600 m, y de 0° C entre los 600 a 900 m y c) Las Aguas Árticas de Fondo: que cubren el fondo, por debajo de los 900 m. Su salinidad media es 34,95‰ (34.92-34.99‰) y su temperatura inferior a -0,5°C. La concentración de oxígeno gira en torno a 6,5 ml/l (Kinney *et al.*, 1970).

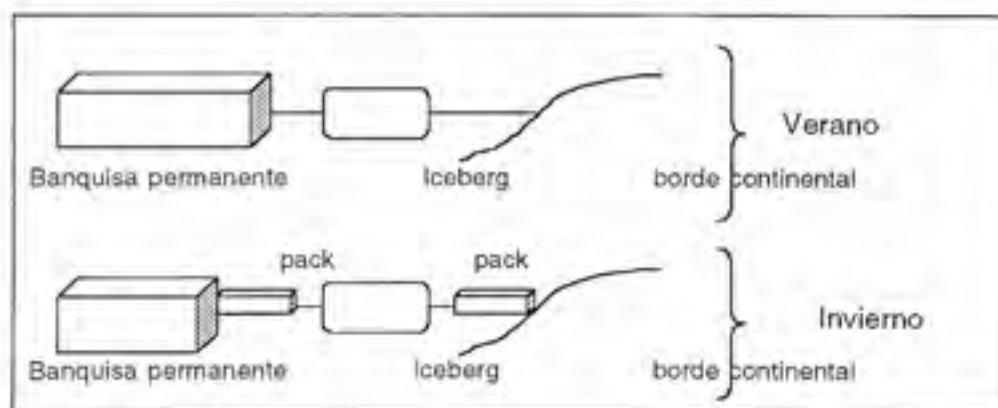


Fig. 1: Proceso de gelificación del océano Ártico (tomado de Demangeot, 1989)

Alrededor de este inmenso mar helado se encuentran los bordes continentales, cuyas plataformas soportan aguas más dulces. También se forma un *pack* estacional litoral lo que permite que en muchos sectores, se unan continente y banquisa. Durante el estío, la elevación de la temperatura hace que se desprendan grandes icebergs, algunos de los cuales han llegado frente a Nueva York. (Fig. 1).

Los bordes continentales de Eurasia y Norteamérica presentan una plataforma muy amplia y de topografía muy variada. Se pueden distinguir diversos mares más pequeños como: Mar de Barents, frente a las costas finlandesas, cuya profundidad oscila entre 200 y 400 m; Mar de Kara, situado frente a los Urales, (200 m promedio); Mar de Laptev, frente a las costas siberianas, (< 200 m); Mar de Siberia Oriental, situado sobre la extensa plataforma continental que se interna alrededor de 800 km mar adentro; Mar de Chukches, frente al estrecho de Bering, (50 m); Mar de Beaufort, frente a la costa americana (EE.UU) y canadiense, con sondeos de 4.000 m, y con una fosa de 4.680 m; Mar de Groenlandia frente a la isla del mismo nombre, (hasta 2.000 m); mar de Baffin con el estrecho de Davis (675 m) y del Labrador (>4.000 m). (Zavatti, 1967)

El océano Ártico está cruzado por un cordón montañoso submarino, la cadena de Lomonosov, que va desde el archipiélago de Nueva Siberia, pasando por el polo Norte, hasta cerca de Groenlandia y de la isla de Ellesmere. Esta cadena se eleva hasta los 1.000 m, dividiendo el Artico en prácticamente dos zonas e impidiendo que las aguas de fondo circulen libremente, la porción occidental o atlántica, con temperaturas que alcanzan los $-0,8^{\circ}\text{C}$ y la oriental o Pacífica con temperaturas que sólo llegan a $-0,4^{\circ}\text{C}$. Se observan también otras dos barreras montañosas, Alpha, y la barrera central Ártica. Entre ellas se forman las cuencas de Nansen (3.500 m), Amundsen (4.500 m) y Makarov (4.000 m). La más importante y extensa es la cuenca amerasiana con una profundidad de 3.800 m.

Al Ártico llega agua desde el Atlántico, procedente de la deriva del Atlántico septentrional, una extensión de la corriente del Golfo. Estas aguas son relativamente cálidas (5°C) y saladas (35 %), y penetran por el estrecho de Fram, entre Groenlandia y Noruega suavizando en parte las condiciones oceanográficas de la porción NE, vale decir, mar de Barents y Kara. Es al parecer, esta masa de agua la que al emerger produciría las polinias. Las aguas del Ártico, muy frías, se evacúan por la costa nororiental de Groenlandia.

Antártica

El continente antártico se sitúa al sur del paralelo 70°S , ocupando la zona opuesta al Ártico. Tiene una superficie superior a los 13 millones de Km^2 . Su forma es circular con dos fuertes escotaduras ocupadas por el mar de Ross y el mar de Weddell. Esta gran masa continental limita con los océanos Atlántico, Pacífico e Índico. Se denomina océano Austral al cuerpo de agua situado entre el continente y la Convergencia Antártica ($\sim 40\text{-}50^{\circ}\text{S}$).

Sobre el basamento del continente, cada año se acumula grandes cantidades de hielo: el inlandsis antártico, que se considera como uno de los fenómenos más grandiosos del planeta, su origen se remonta al Terciario y alcanza un espesor de unos 1.900 m. Su peso es de tal magnitud que se estima que ha hundido el basamento rocoso hasta 2.500 m bajo el nivel del mar. (Demangeot, 1989). Este casquete helado genera lenguas que alcanzan el mar y forman plataformas flotantes sobre éste (*Ice - Shelf*) que pueden alcanzar los

400 m de profundidad. A veces, aíslan totalmente el litoral de alta mar en varios centenares de km como ocurre en el mar de Ross en donde el *ice - shelf* se proyecta más de 800 km mar adentro (Fig. N°2)

La plataforma continental alcanza rápidamente los 300-500 m de profundidad siendo en algunos sectores muy amplia como en el mar de Ross y mar de Weddell, mientras que en otros es abrupta. Durante la época invernal, más del 60% de esta plataforma se encuentra cubierta de hielo (*pack - ice*), de unos dos metros de espesor. En el verano, en cambio se reduce a menos del 10%. La presencia de esta cubierta impide o deprime en varios sectores, el desarrollo de productores primarios, lo que provoca gran escasez de nutrientes en las aguas. En muchas partes de Antártica no se ha encontrado fauna bentónica bajo esta capa de hielo, lo que se atribuye a la ausencia de fitoplancton.

La fisiografía costera presenta una arquitectura bastante irregular, la existencia de numerosas islas, bahía, golfos, etc, permite generar ambientes litorales muy diversos. Algunos son muy protegidos, mientras que otros, situados en lugares cercanos, están sujetos a condiciones climáticas extremas: bajas temperaturas, fuerte oleaje y hielo abrasivo.

El fondo marino, en general, es rocoso y pobre en materia orgánica, con excepción de los sitios más protegidos donde hay un incremento de la fauna y por tanto, mayor depósito de sustancias orgánicas. Algunos autores (Kellogg y Kellogg, 1987) utilizan el término sedimento criogénico, para designar los depósitos marinos asociados a hielo.

Un fenómeno interesante de destacar es el *upwelling* que se produce en la costa antártica. Una masa de agua fría llamada "Aguas Superficiales Antárticas" se hunde alrededor de los 50° S cerca de la Convergencia Antártica, y para llenar este vacío emergen aguas templadas intermedias (Aguas Profundas Atlánticas Templadas) arrastrando consigo gran cantidad de nutrientes desde el fondo (2.500 m). Es probablemente esta masa de agua la que provee de los alimentos necesarios para soportar una rica y variada fauna en algunos lugares cubiertos de hielo. Por debajo de ambas se desliza la corriente de Aguas Profundas Antárticas hacia el Pacífico y hacia el Atlántico.



Fig. 2: Ice shelf y pack estacional antártico (tomado de Demangeot, 1989)

Foraminíferos Árticos

Los foraminíferos del océano Ártico han sido estudiados por diversos investigadores. Sin embargo, no hay acuerdo en la distribución de dichos organismos. Green (1960) estudiando muestras obtenidas en las partes más profundas del Ártico propuso una zonación preliminar formada por 4 niveles. La fauna calcárea presentaba un amplio rango de distribución. *Cassidulina laevigata* fue muy abundante en zonas de plataforma profunda, cercana a los 500 m pudiendo llegar a los 2.000 m. *Fonbotia wuellerstorfi* y *Oridorsalis tener* se encontraron en escaso número a 500 m incrementando su abun-

dancia hasta los 2.760 m. Otra especie ampliamente distribuida, presente a diversas profundidades resultó ser *Stetsonia horvathi*.

Lagoe (1977) encontró más de 73 especies de foraminíferos distribuidos en 97 estaciones a profundidades mayores de mil metros. En sus muestras también predominó fauna calcárea. El 95% de ella pertenecía al suborden Rotaliina y el 5% a Miliolina. Los foraminíferos aglutinados (0,1%) estaban prácticamente ausentes y los lagénidos presentaban gran diversidad pero escasa abundancia. Destacó el hecho de que no hubiera representantes de géneros comunes en otros mares profundos como *Cyclammina*, *Martinotiella*, *Eilohedra*, *Pullenia* y *Uvigerina*.

Entre la microfauna dominante destacaba: *Stetsonia horvathi*, *Eponides tumidulus horvathi*, *Oridorsalis tener* y *Epistominella arctica*.

Reconoció tres asociaciones: (1) Dominada por *Epistomella arctica* con gran abundancia de *Cassidulina teretis*, *Buliminella elegantissima hensoni* y *Valvulineria arctica* y en menor grado *Cassidulina laevigata* (< 2.500m). (2) Dominada por *Oridorsalis tener* o *Eponides tumidulus horvathi* con gran abundancia de *Quinqueloculina akneriana*, *Fontbotia weullerstorfi* y *Ceratobulimina arctica* (2.000 y 2.500 m) y (3) Dominada por *Stetsonia horvathi* (70-80%) acompañada de *O. tener* y *Triloculina frigida*; (2500 y 2.700 m). Posteriormente amplió su trabajo (Lagoe, 1979,1980) distinguiendo tres biofacies: una aglutinada (17 y 350m) y dos calcáreas (350-900 m; < 900 m).

Schröder-Adams *et al.* (1990) estudiaron los foraminíferos de la plataforma de Axel Heiberg que se caracteriza por: estar permanentemente cubierta de hielo, presentar baja salinidad y baja sedimentación y tener un limitado aporte de nutrientes. En las 47 muestras analizadas lograron determinar 110 especies de foraminíferos bentónicos, de los cuales 38 taxa eran aglutinados y menos del 3% de foraminíferos estaban vivos. Entre los planctónicos encontraron gran cantidad de *Neogloboquadrina pachyderma* y entre los bentónicos una rica comunidad de calcáreos, con abundantes *Cassidulina laevigata*, *Lobatula lobatula*, *Epistominella arctica*, *Buliminella elegantissima*, *Patellina corrugata* por lo que asumieron una gran riqueza de carbonatos. Entre los aglutinados registraron: *Psammosphaera fusca* y *Portatrochammina bipolaris*.

En la tierra de Lancaster (Baffin), con hielo estacional, baja salinidad y alta sedimentación, la composición faunística presentó menor diversidad, era dominada por foraminíferos aglutinados, con mayor cantidad de ejemplares vivos y escasos números de foraminíferos planctónicos. Entre las especies más representativas se hallaron aglutinados como: *Spiroplectammina biformis*, *Cribrostomoides crassimargo*, *Adercotryma glomerata*, *Reophax scorpiurus* y *Saccammina difflugiformis*. En otros lugares predominaron *Cassidulina laevigata*, *Lobatula lobatula*, *Bucella frigida*, *Elphidium excavatum*, *Cassidulina reniforme*. En la porción central del sector, con sedimentos finos observaron la presencia de *Cribrostomoides jefreysii*. Estos autores señalaron que en otras zonas del Ártico cubiertas estacionalmente con hielos (Mar de Chukchi, por ejemplo), la especie dominante era *Eggerella advena*.

Las sugerencias de Lagoe (1980) se contraponen a las observaciones de Schröder *et al.* (1991), quienes además sugieren que *Epistomella arctica* y *Oridorsalis umbonatus*, indicadoras de aguas profundas, serían especies invasoras de no más de 1.000 años de antigüedad.

Scott & Vilks (1991) estudiaron 22 muestras obtenidas en la cuenca amerasiana, encontrando diferentes asociaciones de foraminíferos aglutinados. En la cuenca Eurasiana

observaron una microfauna completamente diferente formada por los calcáreos, *Stetsonia arctica* (95%) acompañada de *Triloculina tricarinata*,

Hald y Steinsund (1992) examinaron la distribución de microfauna viva y caparazones vacíos presentes en sedimentos superficiales del mar de Barents. Determinaron 165 especies de foraminíferos bentónicos, identificando 4 asociaciones: (1) *Melonis barleeaanum*, acompañado de *Reophax guttifera*, *Epistominella nipponica*, *Lobatula lobatula*, *Reophax atlántica* y *Trochammina nana* y caracterizarían una zona pobre de carbonatos (2); *Trifarina angulosa-Lobatula lobatula*, con *Epistominella nipponica*, *Cassidulina obtusa*, *Discorbinella* sp, *Cassidulina laevigata*, *Cassidulina teretis* que habitarían en zonas de sedimentos más gruesos y aguas templadas (5°C) (3) *Reophax atlántica* con *Trochammina nana*, *Reophax guttifera* y *Melonis barleeaanum* que vivirían en aguas más frías (2-4°C) y (4) *Epistominella nipponica* con *Reophax guttifera*, *Discorbinella* sp, *Melonis barleeaanum*, *Trochammina globigeriniformis* y *Cassidulina teretis*, las que probablemente habrían sido arrastradas desde zonas más profundas.

Los numerosos estudios taxonómicos de la microfauna ártica, han permitido reconocer 10 asociaciones que al parecer no tendrían correlación con las masas de agua. (Murray, 1991), Tampoco parecen tener relación con la profundidad pues la mayoría presenta amplios rangos de distribución, ni con la temperatura o salinidad, especialmente las especies de sedimentos profundos, puesto que en el Ártico las zonas más bajas son muy estables en relación a estos parámetros (Lagoë, 1977). Algunos autores (Fagerlin, 1971 In: Lagoë, 1977) opinan que *Oridorsalis tener* prefiere sustratos con rocas gruesas, mientras que *Stetsonia horvathi* los prefiere más finos. Sin embargo, no se vuelve un factor ecológico relevante, según Lagoë (*op. cit.*) quien sugiere que la distribución de la fauna dependería de factores bióticos como predación, competencia, etc.

La asociaciones principales descritas para el Ártico son:

- 1.- *Elphidium clavatum* *
- 2.- *Eggerella advena* *
- 3.- *Cuneata arctica* *
- 4.- *Epistominella arctica* **
- 5.- *Eponides tumidulus horvathi***
- 6.- *Cassidulina teretis***
- 7.- *Oridorsalis tener***
- 8.- *Stetsonia horvathi***
- 9.- *Textularia torquata***
- 10.- *Trochammina nana***

* asociaciones de zonas de plataforma superior (0-155 m) cubiertas por el hielo de Verano

** asociaciones presentes en zonas más profundas, cubiertas permanentemente de hielo.

También se han citado 19 asociaciones menores distribuidas entre 1 y 1.971 m. Según Lagoë (1980) ello representa una baja diversidad, sugiriendo que el estrecho de Bering ha actuado como una fuerte barrera entre el Pacífico y el Ártico desde el Mioceno, impidiendo que penetren especies de aguas profundas, de los géneros *Pullenia*, *Martinotiella* y *Cyclammina*. Sin embargo Scott *et al.* (1989) encontraron posteriormente dominancia del género *Cyclammina pusilla* en las muestras de la expedición Cesar; Lorex y Fram II y III.

Evans y Kaminski (1998) estudiaron la microfauna del Ártico central extraída durante el crucero R/V POLARSTERN ARK-VIII/3 (1991). Encontraron una asociación formada por 11 especies de foraminíferos aglutinados propios de aguas profundas (2.000-4.000m) y carente de foraminíferos calcáreos. La muestra estaba dominada por *C. pusilla*, *Alveolophragmitun polarensis* y algunas *Psammosphaera fusca*, *Glomospira charoides*, *G. gordialis*, *Rhabdammina discreta*, *R. antarctica* y *Trochammina lomonosovensis*. Sugieren que los periodos glacial/interglaciares pueden ser reconocidos por la abundancia de aglutinados.

Resumiendo, en las aguas profundas del Artico central se encontraría una fauna aglutinada formada por pocas especies de profundidad, en zonas más altas aparecería una rica fauna calcárea estando entremezclada en algunas zonas con fauna aglutinada. En las zonas superficiales, las áreas permanentemente cubiertas de hielo presentarían fauna aglutinada mientras que las áreas que se descongelan en verano permitirían el crecimiento de fauna calcárea.

Foraminíferos Antárticos

Como se señaló anteriormente, se conocen mejor los foraminíferos antárticos del mar de Ross y mar de Weddell que los de las cercanías de la península Antártica. En el sector de isla Elefante, Lena (1975) determinó 117 especies haciendo notar que era mayor el número de especies calcáreas. Entre las especies más abundantes y de mayor distribución mencionó: *Adercotryma glomerata*, *Trifarina angulosa*, *Astrononion antarcticus*, *Brizalina pacifica*, *Globocassidulina bitor*, *Cassidulinoides parkerianus*, *Cibicides aknerianus*, *Cribrostomoides jefreysii*, *Epistomella exigua*, *Fursenkoina earlandi*, *F. fusiformis*, *Miliammina arenacea*, *Melonis affine*, *Pullenia subcarinata*, *Reophax dentaliniformis*, *Trochammina squamata*, y *Trochammina wiesneri*.

Esta misma autora realizó un estudio posterior (Lena, 1980) en el noroeste de la península Antártica. El análisis de 56 muestras extraídas entre 10 y 1.030 m, brindó 75 especies con gran número de especies calcáreas (60%). No obstante, las especies dominantes fueron *Portatrochammina antarctica* (29,3%) y *Trochammina squamata* (25,7%) y el número de individuos aglutinados superó ampliamente a los individuos calcáreos (72,%)

Según Delaca y Lipps (1976), en las áreas más protegidas de la península Antártica con arenas y gravas, a un metro de profundidad pueden encontrarse vivos: *Cibicides refulgens*, y *Rosalina globularis*.

Las porciones submarinas del talud continental soportan densos crecimientos de algas y esponjas. En este ambiente es posible encontrar (Temnikov, 1976): *Astrononion stilligerum*, *Cassidulinoides parkerianus*, *Cibicides refulgens*, *Cribrostomoides jefreysii*, *Cassidulina crassa*, *Pullenia subcarinata*, *Pyrgo elongata*, *Reophax dentaliniformis*, *Rosalina globularis*, *Tolypammina vagans*, *Portatrochammina malovenssis*, *Lepidodeuterammina ochracea* y *Turritellella shoneana*.

Las aguas someras (30-40 m) de Puerto Arturo, isla Anvers, muestran una asociación diferente debido a la acción del fuerte oleaje en sus costas. Allí, según Li y Zhang, (1986) es posible encontrar *Hippocrepinella hirudinea*, *Portatrochammina malovenssis*, *Psammosphaera fusca*, *Reophax dentaliniformis* y *Cassidulina crassa*.

En las aguas resguardadas entre 7-38 m, de la isla Rey Jorge las formas dominantes

son, *Portatrochammina malovens* y *Brizalina pseudopunctata*.

Isla Decepción presenta una fauna completamente distinta de otras localidades antárticas, condicionada a las características y eventos geológicos particulares. Earland (1934a) encontró en la isla una asociación conformada principalmente por *Miliammina arenacea*, acompañada de *Portatrochammina malovens*, *Nonionella bradyi* y *Fursenkoina fusiformis*. Finger y Lipps (1981) señalan que corresponde a tres asociaciones microfauísticas diferentes: a) *Trochammina malovens*, b) *Nonionella bradyi* y c) *Fursenkoina fusiformis*.

Se ha sugerido que estas asociaciones serían normales en los períodos de inactividad volcánica. En la plataforma externa de la isla, se observó una asociación diferente dominada por *Cassidulina crassa*.

En bahía Chile, Martínez y Martínez (1994), distinguieron dos sectores, uno interno con profundidades entre 30 y 90 m, dominado por: *Pyrgo subsphaerica* (>42%), *Globocassidulina rossensis* (15%), *Trochammina nana* (5%), *Astrononion echolsi* (2,5%), *Globocassidulina biora* (2%), *Pullenia subcarinata* (2%), *Bathysiphon filiformis* (2%), *Cribrostomoides jefreysii* (1,5%), y *Pyrgo comata* (0,5%). En el sector externo con profundidades entre 90 y 250 m, abundaban: *Pyrgo subsphaerica* (9%), *Planispiroides bucculentus* (6%), *Reophax difflugiformis* (4%), *Pyrgo depressa* (2%), *Reophax pilulifer* (1,5%), *Pyrgo wiesneri* (1%).

Estudios recientes realizados por Hromic y Páez (1998) muestran que al interior de bahía Chile, en profundidades inferiores a 50 m, la asociación está dominada por: *Globocassidulina biora* (62,01%), *Globocassidulina rossensis* (7,24%), *Trochammina malovens* (13,02%), *Trochammina quadriloba* (9,85%), *Cribrostomoides jefreysii* (2,91%) y *Adercotryma glomerata* (2,61%).

Se han descrito más de 12 asociaciones predominantes en los bordes continentales antárticos (Murray, 1991), a saber:

- 1.- *Epistominella exigua*
- 2.- *Globocassidulina subglobosa*
- 3.- *Miliammina arenacea*
- 4.- *Nuttalides umboniferus*
- 5.- *Portatrochammina antarctica*
- 6.- *Portatrochammina eltaninae*
- 7.- *Alabaminella weddellensis*
- 8.- *Cassidulina crassa*
- 9.- *Cibicides refulgens*
- 10.- *Cribrostomoides subglobosum*
- 11.- *Cyclammina pusilla*
- 12.- *Ehrenbergina glabra*

y más de 52 asociaciones consideradas menores, por tener una presencia más esporádica y estar situadas más alejadas de la costa antártica (South Georgia, South Sandwich, Paso Drake).

Osterman & Kellog (1979) describieron 4 asociaciones de foraminíferos bentónicos aglutinados y 3 asociaciones de foraminíferos calcáreos, en el mar de Ross.

Material y Método

Para el presente trabajo se revisó la bibliografía correspondiente al área del océano Ártico y la bibliografía de las áreas antárticas y subantárticas. Se contó con muestras de sedimentos superficiales (hasta 50 m) obtenidas durante las campañas Antárticas ECA XXXIII, XXXIV y XXXV, organizadas por el Instituto Antártico Chileno y con muestras de diferentes profundidades (hasta 1.100 m) de canales y fiordos patagónicos del Pacífico sudoriental, obtenidas durante las expediciones CIMAR –FIORDO II y CIMAR-FIORDO III, organizadas por el Comité Oceanográfico Nacional (CONA), Chile.

La clasificación a nivel genérico siguió a Loeblich y Tappan (1988) y a nivel específico la bibliografía de las áreas en estudio.

Resultados y Discusión

Se encontró un total 443 especies en ambas regiones polares pertenecientes a 153 géneros. Sin duda la lista constituye una revisión preliminar de la microfauna. Sin embargo, muestra tendencias de distribución de las principales especies reconocidas para el Ártico y Antártica. De este total, 295 especies han sido citadas para las aguas antárticas y 203 especies para las aguas árticas (Tabla 1). Esta diferencia en la diversidad se atribuye a que en la Antártica existiría mayor diversidad de ambientes que el Ártico lo que permitiría el desarrollo de una fauna más variada. Esto se refleja también en el número de asociaciones. Se registran a la fecha, un número mayor de asociaciones faunísticas (52 grupos) en la Antártica, mientras que en el Ártico unas 10 asociaciones. Las asociaciones son dominadas por especies diferentes, mientras que las especies acompañantes son similares en ambas latitudes.

Respecto de la representación de géneros y especies, los datos obtenidos concuerdan con las observaciones de Stschedrina (1958), quien señaló que es posible encontrar los mismos géneros de foraminíferos en el Ártico y en la Antártica, y que muchos de ellos están representados por las mismas especies en ambos polos, en cambio otros, están representados por especies diferentes. Cushman (1948) también había señalado anteriormente, que muchas de las especies presentes en el Ártico, podían encontrarse en la región antártica, y más aún, en las aguas profundas y frías de las zonas templadas y ecuatoriales, aunque algunas de ellas, refiriéndose a las especies endémicas, estarían confinadas a las regiones polares. (Tabla 3). Cabe agregar sin embargo, que muchas de las especies comunes son cosmopolitas o de muy amplia distribución, como por ejemplo, *Quinqueloculina seminula*, *Patellinella corrugata*, *Bulimina marginata*, etc.

Algunos géneros, no obstante, parecen ser exclusivos del hemisferio sur, sector austral como *Cassidulinoides*, *Globocassidulina*, *Ehrenbergina*, *Discorbis*, etc. Otros parecen tener una fuerte representación en el Norte como *Eggerella*, y en el sur estar pobremente representados, o al revés como en el caso de *Fissurina*. El género que presentó mayor cantidad de especies comunes es *Reophax*. (Tabla 4)

Otro dato importante de indicar es que a nivel genérico la similitud de la microfauna es ligeramente más alta que a nivel específico.

Dentro de las 56 especies comunes, las especies calcáreas conforman el 63,6%, lo que indica mayor similitud entre las especies calcáreas de ambas regiones que entre las especies aglutinadas (Tabla 2) Lena (1980) señaló que la microfauna antártica se carac-

teriza por tener una gran diversidad de organismos calcáreos y una fauna aglutinada, aunque más abundante en cantidad de ejemplares, más monótona en cuanto a número de especies. Martínez y Martínez (1994) y Hromic & Páez (1999) encontraron diferencia en la composición de especies calcáreas de un muestreo a otro.

Shröder- Adams *et al* (1990) y Finger & Lipps (1981) concuerdan al sugerir una distribución en parche de los foraminíferos árticos y antárticos.

TABLA 1.- Cuadro resumen del número de especies encontradas para las regiones polares y área subantártica

	Nº de especies	%	Nº de géneros	%
Totales	443	100	153	100
Antártica	295	66,59	53	34,64
Ártico	203	45,82	35	22,87
Comunes Ártico- Antártica	56	12,64	31	20,26
Comunes Ártico- Área subantártica	64	14,44	68	44,44

TABLA 2.- Cuadro comparativo de la distribución de especies calcáreas vs. aglutinadas.

	Antártica	%	Ártico	%
Total de especies	295	100	203	100
Nº de Especies Aglutinadas	103	34,9	54	26,6
Nº de Especies Calcáreas	192	65,1	149	73,2
Relación calcáreo/aglutinado	0,53	-	0,36	-

Foraminíferos del Ártico y del área subantártica chilena

Tras el análisis comparativo de los géneros descritos para el Ártico y el área subantártica chilena, se encontró que un alto porcentaje (44,44%) estaba presente en ambas regiones. Sin embargo, al investigar las especies, sólo el 14,44% eran las mismas y el resto correspondía a especies diferentes, es decir, están presentes muchos géneros comunes, pero representados por diferentes especies. Destaca el hecho de que a nivel genérico hay mayor similitud entre el área subantártica chilena y el Ártico que entre el Ártico y la Antártica. Si embargo, a nivel específico la similitud es equivalente. La explicación a este hecho podría atribuirse a las condiciones ambientales. Es decir, el área periférica del Ártico sería similar a la zona de canales y fiordos patagónicos chilenos debido a una

fisiografía próxima, esto es, a la abundancia de fiordos y canales. Por otra parte, en ambas zonas se produciría un gran aporte hídrico dulceacuícola. En el norte, directamente por la desembocadura de ríos y en el sur, producto del deshielo de ventisqueros.

TABLA 3: Distribución de los géneros según las especies presentes en las localidades estudiadas Sólo se indican los géneros representados por más de 6 especies

Género	Especies totales	Especies exclusivas de antártica	Especies exclusivas del Ártico	Especies comunes
<i>Bulimina</i>	6	<i>gibba</i>	<i>exilis, ovata, pyrula</i>	<i>aculeata, marginata</i>
<i>Cassidulina</i>	6	<i>carinata, crassa, laevigata</i>	<i>obtusata, teretis</i>	-----
<i>Dentalina</i>	8	<i>Sp a, sp</i>	<i>collomorpha communis, pauperata, frobsherensis, mucronata, obliqua</i>	-----
<i>Elphidium</i>	9	<i>articulatum, macellum, magellanicum</i>	<i>bartletti, clavatum, excavatum alba, incertum, frigidum, subarcticum</i>	-----
<i>Fissurina</i>	17	<i>alveolata, biancae, bisulcata, danica, diaphana, eburnea, kerguelensis, laevigata, lagenoides, pseudoauriculata, trigonomarginata, sp tingillifera, sp A, sp B.</i>	<i>bassensis, ventricosa</i>	-----
<i>Haplophragmoides</i>	6	<i>parkeri, quadratus, rotulatus, subtrullisatus</i>	<i>major</i>	<i>Canariensis</i>
<i>Lagena</i>	28	<i>caudata, costata, elongata, protea felsina, heronalleni, hispida, interrupta, laureata, meridionalis, orbignyana sp B, serica, semilineata, texta, sp A squamososulcata, sp B subacuticosta, sp C.</i>	<i>flatulenta, striatopunctata, sulcata</i>	<i>distoma, feildeniensis, gracilis, orbignyana sp A, laevis, striata</i>
<i>Oolina</i>	11	<i>caudigera, globosa, laevigata, melo, sphaerica, pseudocatenulata, scalariformesulcata.</i>	<i>acuticosta, optiopleura</i>	<i>apiculata, hexagona</i>
<i>Parafissurina</i>	20	<i>Cor, cucullata, curvens, dohrnii, dorbignyana, fusiformis, lata, lateralis simplex, pseudomarginata, quadrata, subcarinata, sp A, sp B, sp C</i>	<i>arctica, cf. arctica, fusuliformis, groenlandica, tectulostoma</i>	<i>marginata,</i>
<i>Pullenia</i>	6	<i>sphaeroides, subsphaerica, quinqueloba, simplex</i>	-----	<i>Bulloides, subcarinata</i>
<i>Pyrgo</i>	15	<i>bulloides, depressa, lata, murrhyna, ringens, subsphaerica, weisneri, sp A</i>	<i>anomala, lucernula, rotalaria</i>	<i>Comata, elongata, vespertilio, williamsoni</i>

<i>Pullenia</i>	6	sphaeroides, subsphaerica, quinqueloba, simplex	-----	Bulloides, subcarinata
<i>Pyrgo</i>	15	bulloides, depressa, lata, murrhyna, ringens, subsphaerica, wiesneri, sp A	anomala, lucernula, rotalaria	Comata, elongata, vespertilio, williamsi
<i>Quinqueloculina</i>	14	sp	aglutinata, arctica, contorta, fusca, nitida, groenlandica, parvula, quadrata, sp A, sp B	akneriana, seminula, vulgaris
<i>Reophax</i>	15	distans, obliquus, pilulifer, spiculifer, subdentatiformis, subfusiformis	atlantica, curtus, guttifer	arcticus, dentaliniformis, deflugiformis, fusiformis, nodulosus, scorpiurus,
<i>Textularia</i>	8	catenata, cuneiformis, pseudoregosa, pseudomeris, tenuissima, wiesneri	earlandi, irregularis	-----
<i>Triloculina</i>	11	laevigata, rotunda	angularis, circularis, cryella, oblonga, pyriformis, trihedra, valvularis	tricarinata, trigonula
<i>Trochammina</i>	20	conica, discorbis, incoospicua, inflata, intermedia, gaboensis, grisea, plana, wiesneri, multiloculata, astrifica, quadricamerata, quadriloba, rossensis, tricamerata	lummosoensis, nitida, rotuliformis, turbinata	rama, squamata

Foraminíferos planctónicos

Pflum (1966) dio a conocer la presencia de 4 especies de foraminíferos planctónicos en el mar de Ross: *Globigerina bulloides*, *G. Conglomerata*, *Neogloboquadrina pachyderma* y *Orbulina universa*. Por su parte, Vilks (1975) mencionó la presencia en 175 muestras de *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) en el mar de Beaufort y en el Ártico canadiense, siendo más grandes y con más cámaras los ejemplares presentes en los sedimentos que los colectados en la columna de agua. Concluye este autor que se preservan mejor los ejemplares más grandes y antiguos

Respecto de las investigaciones sobre los foraminíferos de las regiones Ártica y Antártica, no sólo el número de investigadores dedicados a este grupo es mayor sino también la cantidad de expediciones realizadas.

TABLA 4: Comparación de la representación de algunos géneros de foraminíferos del Ártico y Antártica.

Género Foraminíferos Bentónicos	Ártico	Antártica
<i>Elphidium</i>	abundantes <i>E. clavatum</i>	escasos <i>E. mucellum</i>
<i>Lagena</i>	menor diversidad, muy escasas	alta diversidad, muy escasas
<i>Uvigerina</i>	muy escasas, <i>juncea</i> , <i>peregrina</i>	raras, <i>bassensis</i> , <i>brunnensis</i>
<i>Nonionella</i>	escasas <i>N. turgida</i> , <i>atlantica</i>	abundante <i>N. iridea</i>
<i>Astrononion</i>	abunda <i>A. stelligerum</i>	abunda <i>A. echolsi</i>
<i>Cassidulinoides</i>	ausentes o raros	abunda <i>C. parvus</i>
<i>Pullenia</i>	muy rara	moderada
<i>Cassidulina</i>	<i>teretis</i> , <i>obtusa</i>	<i>crassa</i> , <i>laevigata</i>
<i>Globocassidulinas</i>	ausentes	<i>hiera</i> , <i>rossensis</i> abundantes
<i>Oridorsalis</i>	muy abundantes <i>tener</i>	muy escasos
<i>Stetsonia</i>	dominante	ausentes
<i>Miliammina</i>	ausentes	dominantes
<i>Trochammina</i>	<i>rotaliformis</i> , <i>nitida</i> , raras	<i>plana</i> , <i>quadriloba</i> , alta diversidad
<i>Textularia</i>	abundante <i>torquata</i>	escasa <i>catenata</i> , <i>wiesneri</i>
<i>Eponides</i>	<i>tumidulus horvathi</i> dominante	<i>Eponides</i> sp
<i>Epistominella</i>	<i>arctica</i> , dominante	exigua, rara
<i>Eggerella</i>	<i>advena</i> dominante	<i>bradyi</i> , <i>minuta</i> escasas
<i>Cuneata</i>	dominante <i>arctica</i>	ausente
<i>Reophax</i>	<i>curtus</i>	<i>pilulifer</i> , <i>scorpiurus</i> , abundantes
<i>Fursenkoina</i>	<i>cóncava</i>	<i>fusiformis</i> , <i>davisi</i>
<i>Portatrochammina</i>	<i>lobata</i> , <i>compacta</i>	<i>malovenssis</i> , abundante
<i>Triloculina</i>	<i>frigida</i> , abundante	raras

Conclusiones

- A) Sobre la base de 443 especies registradas en ambas regiones se encontró una diversidad más alta en Antártica que en el Ártico, registrándose el 12,6% de especies comunes, de las cuales el 63,6% fueron aglutinadas.
- B) De los 153 géneros contabilizados 34,6% están presentes en Antártica y 22,8% en el Ártico, siendo comunes el 20,2%.
- C) Se registró mayor similitud a nivel genérico entre el Ártico y el área subantártica (44,4% de géneros comunes) aún cuando a nivel específico no se observó una diferencia significativa. Ello se atribuye a que la costa continental ártica presenta mejores condiciones ambientales que la costa continental antártica, siendo más parecidas a las observadas en la zona de canales y fiordos chilenos.
- D) Se observó una gran diferencia en el número de asociaciones foraminíferológicas. En los sedimentos de los mares antárticos se han descrito a la fecha, 12 asociaciones principales y 52 asociaciones de foraminíferos bentónicos, mientras que en los sedimentos del Ártico sólo se han registrado 10 asociaciones principales

y 19 secundarias, teniendo casi nula correspondencia en la composición faunística.

- E) Se atribuye esta mayor diversidad a la gran cantidad de biotopos registrados en Antártica, a diferencia de lo que ocurre en el área del Ártico, en donde un mar helado presenta mayor monotonía.
- F) Se han realizado mayor cantidad de estudios en el Océano Ártico, en lo que a foraminíferos se refiere, que en la Antártica, al igual que mayor número de investigadores se han interesado por el polo Norte y en el número de Expediciones realizadas.

Referencias

- ANDERSON, J.B. 1975. Ecology and distribution of foraminifera in the Weddel Sea of Antarctica. *Micropaleontology* 21 (1): 69-96 Pls. 1-11.
- BARKER, R. 1960. Taxonomic notes on the species figured by H.B. Brady in his report on the foraminifera dredged by H.M.S. Challenger, during the years 1873-1876: Soc. Econ. Paleontologists and mineralogists Sp. Pub. 9 238 p.
- BRADY, H.B. 1884. Report on the foraminifera dredged by H.M.S. Challenger during the years 1873- 1876: Rep. On he scientific results of the voyage of H.M.S. Challenger Repts. 9 (Zool.) p. 1-814.
- BOGGILD, OB. 1906 In: LAGOE, M. 1977. Recent benthic foraminifera from the central Arctic Ocean. *Journ. Foram. Research* 7(2): 106- 130.
- COOPER, S.C. 1964. Benthonic Foraminifera of the Chukchi Sea. *Cush. Lab. Foram Research Contr.* 15 (3): 79-104
- CUSHMAN, J. 1920. Foraminifera Report of the Canadian Arctic Exp. 1913-1918. 9 (M) 3-13.
- CUSHMAN, J. 1922 Results of the Hudson Bay Exp. 1920. I. Foraminifera. *Cont Canadian boil.* 9 135-147
- CUSHMAN, J. 1933. New Arctic Foram collected by cap. Bartlett from Fox Basin and off the northeast coast of Greenland: *Smithsonian Misc. Colln.* 89 (9): 1-8.
- CUSMAN, J. 1945. Foraminifera of the United States Antarctic Service. Exp. 1939-1941. *Cush. Lab. Foram. Research. Proc. Am. Philos. Soc.* 89 (1): 285-288.
- CUSHMAN, J. 1948 Arctic Foraminifera. *Cush. Lab. Foram. Research. Sp. Pub.* N° 23: 1-79.
- DEMANGEOT, J. 1989. Los medios "naturales" del globo. Barcelona: Masson.
- EARLAND, A. 1933. Foraminifera. Part II South Geogia. *Discovery Rep.* VII: 27- 138, pl. I- VII.
- EARLAND, A. 1934. Foraminifera. Part. III. The Falkland Sector of the Antarctic (excluding South Georgia). *Discovery Reports* 10: 1-208. Pl. 1-10.

- ECHOLS, R. 1971. Distribution of foraminifera in sediments of the Scotia Sea Area, Antarctic water- Am. Geophysical Union Antarctic Res. Ser. 15: 93-168.
- EVANS, J. & M. KAMINSKI. 1998. Pliocene and Pleistocene chronostratigraphy and paleoenvironment of the central Arctic Ocean, using deep water agglutinated foraminifera. *Micropaleontology* 44 (2): 109-130
- FAURÉ – FREMIET, E. 1914. Foraminifères. Deux. Exp. Antarctic. Francia. 1908-1910: 15 pp
- FILLON, R. 1974. Late Cenozoic foraminiferal paleoecology of the Ross Sea, Antarctica. *Micropaleontology* 20 (2): 129-151; pls. 1-6.
- FINGER, K. & J. LIPPS. 1981. Foraminiferal decimation and repopulation in an active volcanic caldera, Deception Island, Antarctica. *Micropaleontology* 27 (2): 111- 139; pls. 1-4.
- GREEN, K. 1960. Ecology of some Arctic foraminifera. *Micropaleontology* 6 (1): 57-78.
- GÖES, A. 1894. A synopsis of the Arctic and Scandinavian Recent Marine Foram Svenska. Vet. Akad. Handl. 25 (9) 1- 127.
- HALD, M. & P.I. STEINSUND. 1992. Distribution of surface sediment benthic Foraminifera in the southwestern Barents Sea. *Journ. Foram. Research* 22 (4): 347 –362.
- HERMAN, I. 1973. *Bolivina arctica*, a new benthonic foraminifera from Arctic Ocean sediments. *Journ. Foram. Research* 3 (3): 137- 141.
- HERON- ALLEN, E. & A. EARLAND. 1932. Foraminifera. Pt. I. The ice-free area of the Falkland Islands and adjacent water. *Discovery Rep.*, 4: 291-460.
- HÖGLUND, H. 1947. Foraminifera in the GULLMAR Fjord and the Skagerak: *Zool. Bidrag Uppsala* 26:1-328.
- HROMIC, T. 1996a. Foraminíferos bentónicos (Protozoa: Foraminiferida) de aguas profundas del estrecho de Magallanes, Chile. *ANS. INST. PAT. Ser. Cs. Nats. (Punta Arenas, Chile)* 24: 65-86
- HROMIC, T. 1996b. Foraminíferos bentónicos de Campos de Hielo Sur, Parte 1: Canales Baker y Messier. *Actas XXVIII Jornadas Ciencias del Mar, Concepción, Chile.*
- HROMIC M., T. 1996c. Variaciones morfológicas de *Cassidulinoides parvus* Earland, 1934 (Protozoa: Foraminiferida) Caleta Balleneros Isla Decepción, Antártica. *Serie Cient. INACH (en prensa) Instituto Antártico Chileno.*
- HROMIC, T. 1997b. Análisis taxonómico y distribución de los foraminíferos bentónicos del Estrecho de Magallanes, extraídos durante la campaña Joint Magellan "VICTOR HENSEN" (1994) y su relación con la microfauna antártica. *Actas IBMANT 97, Seminario Taller Internacional A. Wegener Institute (AWI) y Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.*
- HROMIC M., T. 1997a.- Foraminíferos bentónicos recientes de la Isla Decepción, 30 años después de la erupción. *Actas IV Jornadas argentinas sobre Investigaciones Antárticas. Buenos Aires,*

Argentina.

HROMIC, T. 1998. Foraminiferida: Miliolina del Estrecho de Magallanes, Chile; distribución en el área subantártica y antártica. ANS. INST. PAT. Ser. Cs. Nats. (Punta Arenas, Chile) 26: 107-118

HROMIC, T. 2000. "Fluctuaciones de la biodiversidad y abundancia de los foraminíferos bentónicos de bahía Fildes, Shetland del sur Antártica" Ser. Cient. INACH. Instituto Antártico Chileno, Santiago de Chile (en prensa).

HROMIC, T. & M. PAEZ. 1999 Asociación de foraminíferos recientes en Bahía Chile (62°28'S; 59°41'W) Isla Greenwich, Shetland del Sur, Antártica, Expedición ECA XXXII, INACH. Ser. Cient. INACH. Instituto Antártico Chileno, Santiago de Chile (en prensa).

KENNETT, J. 1967. New Foraminifera from the Ross Sea Antarctica. Contribution from the Cushman Found. Foram. Research. 18: 133- 135.

KENNETT, J. 1968. The fauna of the Ross Sea. Part 6. Ecology and distribution of Foraminifera. N.Z. Geographical. Inst. Dpto. Of Scientific and Industrial Res. Bull. 186: 1-46.

KENNETT, J. 1970. Comparison of Globigerina pachyderma (Ehrenberg) in Arctic and Antarctic areas. Cont. Cushman Found. Foram. Research 21 (2): 47- 51.

KINNEY, P., M. ARHELGER & D. BURREL. 1970. Chemical characteristics of water masses in the Amerasian Basin of the Arctic Ocean. Journ. Geophys. Research 75: 4097 - 4104.

LAGOE, M. 1977. Recent benthic foraminifera from the central Arctic Ocean. Journ. Foram. Research 7(2): 106- 130.

LAGOE, M. 1979. Recent benthonic foraminiferal biofacies in the Arctic Ocean. Micropaleontology 25: 214-224.

LENA, H. 1966. Foraminíferos recientes de Ushuaia (Tierra del Fuego, Argentina). Ameghiniana 4 (9): 311-322. Buenos Aires, Argentina.

LENA, H. 1975. Foraminíferos bentónicos del área de isla Elefante (Antártida). Physis, A 34(89): 405-431. Buenos Aires, Argentina.

LENA, H. 1976. Distribución de los foraminíferos bentónicos en el área oceánica adyacente al río de la Plata. Physis (A) 35: 135-144. Buenos Aires, Argentina.

LENA, H. 1980. Foraminíferos bentónicos del Noroeste de la Península Antártica. Physis A, 39 (96): 9-20. Buenos Aires, Argentina.

LOEBLICH, A. & H. TAPPAN. 1953. Studies of Arctic Foraminifera Smithsonian Miscellaneous Collections 121: 125.

LOEBLICH, A. & H. TAPPAN. 1988. Foraminiferal Genera and Their Classifications. Van Nostrand Reinhold Co. N.Y. Text- vol: 970. Pl-Vol 212 p + 847.

MACKENSEN, A. H. GROBE, G. KUHN & D. K. FÜTERER. 1990. Benthic foraminiferal assemblages from the eastern Weddell sea Between 68 and 73°S: Distribution, ecology and fossilization potential. *Marine Micropaleontology* 16: 241-283. Elsevier Sc. Pub. Amsterdam.

MARCHANT SM., M. 1993. Foraminíferos de la Bahía Scholl, Región Magallánica, Chile, (Protozoa: Foraminifera) *Gayana Zool.* 57(1): 61-75, Concepción, Chile.

MARTÍNEZ- G. R. y R. MARTÍNEZ-P. 1994. Foraminíferos bentónicos recientes de Bahía Chile, Isla Greenwich, Islas Shetland del Sur. Su significado para la historia Paleoclimática Holocena de la Antártica Occidental. *Actas 7º Congreso Geológico Chileno: 1689-1692* Universidad de Concepción, Chile.

MATEU, G. 1987. Micropaleontología de unas muestras de sedimentos marinos de la plataforma continental del NW Antártico y el glacioeustatismo mediterráneo. *Actas Primer Simposio Español de Estudios Antárticos*. Palma de Mallorca. Cons. Sup. Invest. Cient. Asoc. España en la Antártida y Com. Asesora de Invest. Cient. y Tecn., Madrid.

MATEU, G. 1989. Micropaleontología sedimentaria. Informe de resultados de la campaña "Antártida 8611". *Pub. Esp. del Inst. Español de Oceanografía, 1ª Exp. Cient. Pesquera en la Antártida 1986-1987*. Sec. Gral. de Pesca Marítima M.A.P.A. Min. Agric., Pesca y Alim. Madrid, Nº2: 83-173.

MATEU, G. 1990. Foraminíferos, Biofacies e Hidrodinámica Sedimentaria en la Antártida. *Actas del Tercer Symposium Español de estudios antárticos*, Gredos. Com. Interministerial de Ciencia y Tecnología. España.

MCKNIGHT, W. M. Jr. 1962. The Distribution of Foraminifera off parts of the Antarctic coast. *Bull. Am. Paleontol.* 44: 61-158.

MURRAY, J. W. 1991. *Ecology and Paleocology of Benthic Foraminifera*. Logan Scientific & Technical. Avon: 397 pp.

OSTERMAN, L. & T. KELLOG. 1979. Recent benthic foraminiferal distributions from the Ross Sea, Antarctica: Relation to ecology and oceanographic conditions. *Journ. Foram. Research* 9 (3): 250-269.

PARR, W. 1950. Foraminifera Reports B.A.N.Z. Antarctic Research Exp. 1929-1931 5 (6): 235- 392

PFLUM, C. 1966. The distribution of foraminifera in the eastern Ross sea, Amundsen sea, and Bellingshausen Sea, Antarctica. *Bull. Amer. Paleontol.* 50 (226): 150-191.

SCHRÖDER-ADAMS, C.J., F.E. COLE, F.S. MEDIOLI, P.J. MUDIE, D.B. SCOTT & L. DOBIN. 1990. Recent Arctic shelf foraminifera: Seasonally ice covered vs. perennially ice covered areas. *Jour. Foram Research* 20 (1): 8 - 36.

SCOTT, D.B. & G. VILKS 1991. Benthic foraminifera in the surface sediments of the deep sea Arctic Ocean. *Journ. Foram. Research* 21 (1): 20- 38.

STSCHEDRINA, Z. 1936. *Alveolophragmium orbiculatum* nov. Gen, nov sp. *Zoologischer* 114:312-319.

- STSCHEDRINA, Z. G. 1956. New species of foraminifera from the Arctic Ocean. Trans. Of the Arctic Cient. Research Inst. Northern Sea Route Board Drifting xp. On the ICEBREAKER "G: SEDOV in 1937-1940. Moscú 3 (Biology).
- TODD, R. & D. LOW. 1966. Foraminifera from the Arctic Ocean off the Eastern Siberian coast. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 550 C: 79-85.
- THOMPSON, L. 1978. Distribution of living benthic foraminifera, Isla de los Estados, Tierra del Fuego, Argentina. Jour. Foram. Research 8 (3): 241-257.
- VILKS, G. 1969. Recent foraminifera in the Canadian Arctic. Micropaleontology 15 (1): 35-60.
- VILKS, G. 1975. Comparison of Globorotalia pachyderma (Ehrenberg) in the water column and sediments of the Canadian Arctic. Journ. Foram Research 5 (4): 313- 325.
- WARD, B. & P. WEBB. 1986. Late Quaternary Foraminifera from raised deposits of the Cape Royds- Cape Barne area, Ross Island, Antarctica. Jour. Foram. Research 16 (3): 176- 200. pl. 1-12.
- ZAVATTI, S. 1967a. El polo Ártico. Barcelona: Nueva Colección Labor.
- ZAVATTI, S. 1967b. El polo Antártico. Barcelona: Nueva Colección Labor.

Patrones y desviaciones en el Ecosistema y krill antárticos.

Resumen

El Ecosistema Antártico ha sido caracterizado por su homogeneidad y resiliencia, por una alta productividad basada en una cadena trófica simple, en que el segundo nivel trófico está dominado por *Euphausia superba* y el tercer nivel trófico por aves y mamíferos. Existen desviaciones notables de este esquema clásico del Ecosistema Antártico asociados a la heterogeneidad espacial de micro y macroescala y a su variabilidad temporal, que se traducen en drásticas diferencias tanto en la biología del krill antártico y especies dependientes, como en cambios en la diversidad específica, estructura de la trama trófica, etc. Estas desviaciones de patrones conocidos, que enfatizan la complejidad del Ecosistema en su conjunto, inciden en la capacidad de generalización y predicción, y por ende limitan las acciones específicas de administración de recursos marinos antárticos.

Summary

The Antarctic ecosystem has been characterized by its homogeneity, resilience and high production based in a simple trophic food chain, where the second link is dominated by *Euphausia superba* and the third trophic link by mammals and birds. Outstanding deviations from this classic pattern of the Antarctic Ecosystem exist, which are associated with its spatial heterogeneity at the macro and microscales and its temporal variability which result not only in drastic changes in the biology of krill and dependent species, but in changes in species diversity, food web, etc. as well. These deviations from known patterns, which emphasize the complexity of the ecosystem as a whole, affect the capability for generalization and predictions and thereafter constrain specific marine resources management actions.

Introducción

La Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos plantea una administración en que prevalece el enfoque ecosistémico sobre el manejo de stocks independientes, especialmente para los niveles tróficos inferiores. Aunque los stocks de lobos y focas se han reestablecidos, la recuperación de ballenas y algunos peces es incierta como lo es también, el impacto de la pesquería de krill y otros invertebrados en el Ecosistema. Tanto los modelos multiespecíficos o de multiniveles tróficos, como los modelos holísticos de producción orgánica adolecen de sobresimplificación y han sido debilmente validados. Los primeros apenas incluyen 2-3 niveles tróficos o especies (e. g. krill-ballenas, krill-ballenas-focas y krill-calamares-cachalotes; Beddington y de la Mare, 1984), y los segundos no consideran vías alternativas de transferencia de la materia orgánica ni incluyen variaciones espacio-temporales intrínsecas (Legendre y Le Febre, 1989; Steele, 1987).

El krill antártico tiene características biológicas únicas que lo llevan a constituirse en un eslabón crucial en el ecosistema; sin embargo, presenta una heterogeneidad, fluctuaciones y una plasticidad trófica y etológica sorprendentes.

Este trabajo tiene como objetivo identificar y destacar los avances en el conocimiento alcanzado en las últimas décadas a partir de algunas monografías y tratados recientes (e.

g. Knox, 1994; Sahrhage, 1988) y de la literatura científica de los últimos años, tanto sobre las peculiaridades y variabilidad del ecosistema como del krill antárticos, que ayuden a orientar futuras investigaciones y especialmente de índole interdisciplinario.

Caracterización del Ecosistema y del krill antárticos

El Ecosistema Antártico o Ecosistema del Océano Austral o del Sur puede ser considerado como un conjunto de ecosistemas conectados, caracterizado por una alta productividad planctónica y pelágica que sustenta gran biomasa y diversidad de mamíferos, aves, peces y calamares. Es el ecosistema más grande del planeta, el más antiguo y de más larga historia evolutiva; como es semicerrado por la Convergencia Antártica, la mayoría de sus componentes son circumpolares y endémicos; su estructura y funcionamiento están en gran parte modulados por el krill antártico.

El vocablo krill que tiene origen noruego, se ha usado tradicionalmente para *Euphausia superba* pero puede referirse también a otras especies de euphausíidos como *E. crystallorophias*, *Thysanoessa macrura*, etc. que forman agregaciones.

E. superba es una especie de extraordinarias características como son: su gran tamaño, gran capacidad de filtración de fitoplancton y una serie de adaptaciones en su historia de vida, migraciones, reproducción, desarrollo ontogénico, comportamiento gregario etc., que le permiten ocupar una función central en la producción y flujos de energía en todo el Ecosistema Antártico. En efecto, se le reconoce como el principal intermediario entre productores primarios y los grandes carnívoros. Depende biológicamente del fitoplancton por ser su alimento principal y afecta directamente como recurso alimentario a los segundos. Visto de esta manera la estructura de diversidades específicas en cada nivel trófico le dan a la trama trófica la forma de una avispa o reloj de arena como en otros ecosistemas marinos (Rice, 1995).

Sin embargo, esto representa una visión clásica y sobresimplificada del Ecosistema Antártico y de su componente central, el krill. Es posible identificar notables desviaciones y complejidades, que se relacionan con 1.- la heterogeneidad espacial y temporal del sistema en diversas escalas, y 2.- la plasticidad en el comportamiento del krill y de sus depredadores, lo cual tiene importantes implicancias en la estructura y función a nivel de todo el ecosistema y por ende en la administración de sus recursos.

Subsistemas en el Ecosistema Antártico

El Ecosistema Antártico se encuentra estrechamente relacionado con las interfaces Atmósfera, Hielo y Fondo Marino cuyas fluctuaciones y factores forzantes que les son propios afectan también la estructura y la función del ecosistema marino.

Una primera división de subsistemas está determinada por la circulación atmosférica e hidrográfica que generan los siguientes subecosistemas: 1.- La Deriva del Oeste que incluye el sistema Subantártico y la Corriente Circumpolar del Oeste en el sector antártico propiamente tal, y 2.- La Deriva del Este donde domina la Corriente Costera Antártica alrededor del continente. Limitan estos subsistemas, los ecotonos centrados en la Convergencia Antártica y la Divergencia Antártica.

En otra escala espacial menor se pueden identificar los giros ciclónicos permanentes (Giro de Weddell, Mar de Ross, Giro Oriental de Kerguelen) y otros giros o remolinos

más transientes que se generan de la Corriente Circumpolar y de la Convergencia Antártica.

Estos subsistemas se caracterizan o se pueden eventualmente caracterizar no tan sólo por su hidrografía sino porque tiene rasgos distintivos en su composición faunística, productividad, tramas tróficas etc.

La heterogeneidad o formación de estratos dentro del Ecosistema Antártico en un contexto hidrográfico también se genera asociado a la distribución del hielo (Knox, 1994). Es posible identificar la Zona Libre de Hielo, la Zona del Hielo Compacto y la Zona del Hielo Permanente.

Cada uno de estos ambientes tiene también características distintivas en la composición del fito y zooplancton y en los consumidores superiores, siendo la Zona del Hielo Compacto la que más corresponde con el esquema clásico de 3 niveles tróficos y alta producción con que se conoce el Sistema Antártico.

A una escala espacial más restringida es posible distinguir otros subsistemas en la Antártica. Por ejemplo, el fitoplancton de la Península Antártica (Sakshaug, 1994) se puede diferenciar en: la zona del Paso Drake/Mar de Escocia (flagelados y diatomeas en baja biomasa y producción), la Zona N y Central del Bransfield (*Phaeocystis* y diatomeas de alta biomasa y producción), y la Zona de la plataforma N de la Península (*Thalassiosira* spp. en moderada producción y biomasa).

También el zooplancton de las Islas Shetland del Sur se presenta en un eje costa afuera en estratos o subzonas (Ichi *et al.*, 1998): con máximas densidades de krill en la zona más costera a lo largo del quiebre de la plataforma, con densidades moderadas en la zona frontal del talud y con mínimas densidades en la zona oceánica.

En la Bahía Prydz se encontró una estratificación similar (Hosie y Cochran, 1994): una zona nerítica dominada por *E. crystallorophias*, una zona intermedia en el borde de la plataforma dominada por *E. superba*, y una zona oceánica adyacente dominada por copépodos y quetognatos.

En dos islas cercanas a las Georgia del Sur (Brierley y Watkins, 1998), las exploraciones acústicas con sistema dual (38 y 120 kHz), indicaron que la comunidad pelágica estuvo constituida principalmente por zooplancton en la isla Willis, y por peces y calamares en la Isla Coronación, mientras que el krill tuvo una distribución muy contagiosa aunque con densidades en general bajas.

La estratificación de microescala también se ha evidenciado en el plano vertical. En las Islas Georgia del Sur se identificaron, por medio de registros acústicos combinados con sistemas de múltiples redes (LHPR y RMT-8), los siguientes estratos discretos en la capa de 250 m : uno de *Euphausia frigida* o de *Thysanoessa macrura* y otro de *Themisto gaudichaudii* o *Rhincalanus gigas*.

Fluctuaciones temporales de micro y macroescala

Conocemos muy bien de la notable variabilidad estacional del Ecosistema Antártico, sin embargo existe significativa variabilidad a otras escalas temporales, que se ilustran en los extremos de baja y alta frecuencia.

La variabilidad interanual es considerada ya como un rasgo característico del Ecosistema Antártico, aunque la función de los procesos físicos y biológicos en la generación de estas fluctuaciones es incierta. Se ha reconocido una alta coherencia espacial

y temporal entre los patrones de variabilidad física interanual y subdecadal, con la biología del krill. En efecto, el reclutamiento del krill antártico varió mucho entre 1977 y 1994. Se observó muy buen reclutamiento en 80/81, 85/86, 87/88 y 90/91 y muy bajo reclutamiento en 76/77, 82/83, 83/84, 88/89, 91/92 y 92/93. El éxito de las clases anuales estuvo directa o indirectamente relacionado con las condiciones del hielo en el invierno precedente, con el momento del desove del krill y la presencia de densas concentraciones de salpas (Siegel y Loeb, 1995).

En dos temporadas afectadas por El Niño (76-77 y 82-83), el reclutamiento fue muy bajo y coincidente con una disminución de la cobertura de hielo el invierno precedente (Croxall *et al.*, 1988; Priddle *et al.*, 1988). Mientras el verano del 81-82, el krill fue muy abundante en la Antártica, el verano del 83-84 fue extraordinariamente conspicuo como lo describe Priddle *et al.*, (1988), con un incremento de *Calanus propinquus* de más de 100 veces, de *Calanus acutus* de más de 800 veces y de *Rhincalanus gigas* de 100 veces y con un extraordinario incremento de *Salpa thompsoni* (más de 10 veces) sobre el krill antártico, con densidades de hasta 671 mgCm^{-2} (Huntley *et al.*, 1989). El año 85-86 volvió a ser un año normal. Todas estas fluctuaciones pudieron ser explicadas por procesos oceánico-atmosféricos (Priddle *et al.*, 1988).

Esta variabilidad interanual no tan sólo afectó al krill sino que al comportamiento, la sobrevivencia y el éxito reproductivo de los principales predadores de krill (Murphy *et al.*, 1998). La dieta de las aves y su conducta reproductiva en Isla Georgia del Sur en 1986, fue consistente con la gran disponibilidad de krill, donde la segregación de aves y el método de alimentación se mantuvo (Croxall *et al.*, 1997). En 1994 en cambio, la disponibilidad de krill fue muy baja y entonces se redujo el éxito reproductivo de las aves para volver a la "normalidad" en 1996.

En el extremo opuesto del espectro de variabilidad temporal en el Ecosistema Antártico se puede representar la formación de episodios de florecimiento de fitoplancton en la escala de días y semanas (Moline *et al.*, 1997), en que los cambios en la densidad y composición del fitoplancton (*Phaeocystis*, diatomeas, flagelados, crisófitas) se explican por una diversidad de procesos atmosféricos e hidrográficos secuenciales, tales como incremento de nutrientes, deshielo, dispersión por tormentas, advección de otras especies y cambios en la estratificación y profundización de la capa de mezcla.

El espectro de las variabilidades espacial y temporal se pueden diagramar conjuntamente en un sistema de coordenadas de espacio y tiempo (Steele, 1987; Moline *et al.*, 1997), de tal manera que la distribución de agregaciones (abundancias) se localiza en la diagonal, y parece ser función directa de ambas variables. Más aun, es posible sobreponer en este mismo plano espacio-tiempo, los procesos físicos asociados a cada punto en ese plano, y de esta manera no tan sólo se encuentran relaciones causales en el campo de la física del agua y de la atmósfera en un mismo sector del sistema de coordenadas, sino que se logra identificar interacciones entre componentes biológicos y físicos en la escala pertinente. Sin embargo, también ésta es una representación sobresimplificada de las interacciones físico-biológicas y de las interacciones tróficas del sistema pelágico, ya que no incorpora las jerarquías de organización biológica (*e. g.* organismos, cardumen, población, comunidad)

Tramas y subtramas en el Ecosistema Antártico

Las relaciones tróficas a nivel de la comunidad pelágica en el Sistema Antártico han

sido ilustradas clásicamente como una cadena de 3 niveles : fitoplancton-krill-ballenas. Aunque es posible identificar tal cadena en la Antártica, las relaciones tróficas toman una forma mucho más compleja y variable en función de las regiones, subregiones o áreas, y en función al tiempo, encontrándose diferencias a nivel de evento, estaciones del año y años.

Esto tiene obviamente una enorme implicancia en la producción y destino de la materia orgánica tanto en el sistema pelágico como en otros adyacentes (*e. g.* fondo), y en la administración de los recursos vivos, debido a la dificultad de predecir los efectos menos directos e igualmente variables, que agregan complejidad al sistema. A tal punto, la descripción de tramas tróficas para localidades y periodos requieren tratamientos diferenciales.

Entre las tramas tróficas más distintivas que han sido inicialmente representadas en modelos matemáticos (Green-Hammond, 1981) están: 1.- la Zona Costera del "Fast-ice" con 5 niveles en el Mar de Ross (productores primarios, materia orgánica disuelta, complejo detritico-microbiano, consumidores invertebrados y consumidores vertebrados), 2.- La Zona Marginal o del Borde del Hielo con 4 niveles tróficos (productores primarios, materia orgánica-bacterioplancton, consumidores primarios y consumidores secundarios, y 3.- Zona del Hielo Compacto con una comunidad de hielo (bacterioplancton y metazoos pequeños) y una comunidad de agua bajo el hielo (nanoplancton y picoplancton, furciliias, peces, cefalópodos y algunos pingüinos y focas).

A estas grandes zonas se pueden agregar tramas distintivas de zonas más restringidas como las del Frente Polar Antártico, que sumadas incrementan la complejidad del sistema y restringen más aún los intentos de generalización y predicción en ese sistema aparentemente simple.

Más aún, estas tramas tróficas ya simplificadas pueden presentar desviaciones adicionales asociadas con el comportamiento de depredadores y la disponibilidad de las presas en escalas de espacio y de tiempo particulares.

El krill como modulador de la biología de sus depredadores

Numerosas son las investigaciones relacionadas con la alimentación y éxito reproductivo y crecimiento de los consumidores secundarios (*e. g.* aves, mamíferos, calamares) en función del krill antártico. Utilizando este conocimiento es posible estimar no sólo el impacto de los depredadores sobre la población de krill, sino que lograr una mejor estimación de la producción anual de krill.

Se ha reconocido que el krill es una presa fundamental de muchas especies de aves marinas antárticas, sin embargo muchas especies predan sobre un amplio espectro de presas (Ridoux, 1994); algunas especies prefieren calamares o mictófidios en los mismos lugares donde abunda el krill (Croxall *et al.*, 1997), y otras como el petrel de mentón blanco ("white chinned petrel") complementan la dieta de krill con mictófidios y calamares, y hasta con decápodos y salpas ocasionalmente (Croxall *et al.*, 1995). El pingüino macaroni en cambio, parece capaz de seleccionar las presas de krill más grandes, y las hembras lo hacen en una proporción mucho mayor aún, que la que existe en el ambiente (Hill *et al.*, 1996).

El krill antártico se considera una presa clave también de las comunidades demersales de peces; éstas llegan a consumir el 21-36% de la producción de krill en el sector del

Oceano Indico o sea casi 40 millones de toneladas (Pakhomov, 1997). Sin embargo el krill juega un papel insignificante en la dieta de algunos peces pelágicos, como lo mictófidios (Pakhomov *et al.*, 1996) y puede ser muy diferente incluso en áreas muy cercanas entre si como en Potter Cove y Harmony Point en las Islas Shetland del Sur (Casaux, 1998).

Incluso las comunidades de fondos ultra-abisales dominadas por ofiuroides en la Fosa de Orcadas del Sur dependen de una lluvia de micropartículas provenientes de krill muerto de las áreas más someras (Sokolova *et al.*, 1995)

Estimaciones de la biomasa del krill en la Antártica

Durante la década de los 70 y 80 se hicieron esfuerzos prioritarios para establecer la biomasa y la producción del krill en la Antártica ante la perspectiva de aprovechar un eventual surplus de krill dejado por los stocks de ballenas sobreexplotados en décadas anteriores.

Las estimaciones acústicas realizadas durante el proyecto Fibex por buques de 10 naciones dieron una estimación de 41 millones de toneladas, lo cual fue substancialmente menor que las estimaciones derivadas del cálculo del consumo de los depredadores de krill; a la fecha se considera que la biomasa total del krill antártico se encuentra entre 55 y 1000 millones de toneladas (Knox, 1994). Debido a esta amplia diferencia existen varias contribuciones orientadas a mejorar las estimaciones acústicas. Los errores e incertezas examinados en detalle (Pauly y Penrose, 1995) han sido mejorados midiendo la fuerza del eco en organismos vivos en un tanque experimental con un sistema de haz único de 120 KHz (Pauly y Penrose, 1998), o incorporando correcciones por la orientación de los organismos (McGehee *et al.*, 1998), e incluso para compensar el efecto de la migración vertical, lo cual resultó en un incremento en la estimación de casi 50% sobre los valores no compensados (Demer y Hewitt, 1995)

Alimentación, Dieta y Bioenergética

Quizás uno de los aspectos más estudiados de la biología del krill sea su dieta, su tasa de alimentación y el impacto sobre el fitoplancton.

Hoy en día, se han confirmado las primeras evidencias de los años 80, que indican que *E. superba* tiene una gran plasticidad tanto en el espectro dietario como en las tasas de ingestión (Antezana *et al.*, 1982; Hamner *et al.*, 1983).

Los estudios sobre contenidos estomacales arrojaron resultados esclarecedores, como la presencia de microzooplancton (ciliados desnudos y tintinidos) junto a especies de diatomeas (*Nitzschia* y *Talassiosira*) en los estómagos de krill, y en general el predominio de hábitos omnívoros en los estadios más jóvenes y hábitos herbívoros en los estadios más avanzados (Nishino y Kawamura, 1996). También se identificaron hábitos preferentemente omnívoros en las islas Georgia del Sur con predominio de dinoflagelados, ciliados y pequeños calánidos sobre el fitoplancton (Atkinson y Snyder, 1997).

En experimentos a bordo, se observó la ingestión preferencial de salpas por parte de individuos de krill (más de 0.5 salp/d) cuando fueron expuestos a varias presas (salpas, fitoplancton, poliquetos y krill). Para explicar la digestión de zooplancton quitinoso se estudió la actividad de enzimas quitinolíticas en el tracto entérico intermedio del krill (Buchholz y Saborowski, 1996) y la presencia de ciliados móviles dentro de su tracto

entérico, que le ayudaría a digerir un amplio rango de presas (Kawaguchi y Toda, 1997).

El comportamiento de captura del alimento también es diverso en función a la concentración y tamaño de las partículas.

Las tasas de filtración de fitoplancton varían ampliamente con valores más aceptables entre 200 y 500 ml/hr (Knox, 1994). Las estimaciones de la ración diaria también son amplias con valores cercanos a 1-8.5% del carbono corporal/d (Knox, 1994). Experimentos recientes permitieron estimar la ración diaria del krill en 0.15%-1.7 % del carbono corporal/día basado en la alimentación sobre fitoplancton (Perissinotto *et al.*, 1997).

El impacto de la ingestión del krill sobre la biomasa de fitoplancton puede alcanzar a 0.4-1.9% de la biomasa de fitoplancton o a 10-59% de la producción primaria en Isla Georgia del Sur en verano (Pakhonov *et al.*, 1997) y a 0.001-2.7% de la clorofila o 0.023-50.8% de la producción primaria en el Frente Polar y en la Zona de Hielo Marginal (Perissinotto *et al.*, 1997). Valores tan bajos de impacto sobre el fitoplancton sugieren que el impacto sobre el microzooplancton debe ser mayor para poder sustentar la ración metabólica diaria (Pakhonov *et al.*, 1997; Perissinotto *et al.*, 1997)

Adaptaciones invernales

La estacionalidad constituye el forzamiento ambiental más drástico en este sistema polar, caracterizándola por condiciones extremas en la intensidad lumínica y cobertura de hielo. Esto implica el colapso de la producción fitoplanctónica invernal, notables adaptaciones del krill para alimentarse y desarrollarse en esas condiciones y peculiares interacciones tróficas especialmente asociadas al borde del hielo que le dan al Ecosistema Antártico en su conjunto, una aún mayor complejidad y dinámica.

Las estrategias del krill para sobrevivir en condiciones invernales de baja biomasa fitoplanctónica se pueden resumir (Quentin y Ross, 1991) en: 1.- alimentación sobre recursos alternativos (*e. g.* algas epónticas (adheridas al hielo), nanoplancton, copépodos zooplanctónicos, formas larvales de la misma especie), 2.- utilización de reservas lipídicas acumuladas en verano, 3.- encogimiento del cuerpo como una forma de obtener reservas para sobrevivir, una hipótesis (Ikeda y Dixon, 1982) aun sujeta a debate y 4.- hibernación que se expresa en una reducción de la natación, tasa respiratoria y tasa de ingestión. Conjuntamente a la reducción de la tasa metabólica se ha planteado una migración otoñal-invernal hacia el sur.

En un contexto poblacional, las condiciones invernales implican respuestas adaptativas muy particulares en la reproducción, el desarrollo ontogénico, el reclutamiento y el crecimiento poblacional, asociados a los cambios en la disponibilidad de alimento, luz y cobertura del hielo y otros factores físicos forzantes. Estas adaptaciones constituyen más bien hipótesis en debate y asunto de investigación futura que evidencias o conocimiento científico validado.

Un tercer rasgo crucial del cambio estacional y estrategias invernales se relacionan con la enorme complejidad de esas adaptaciones e interacciones tróficas por estar asociadas a la variabilidad geográfica de la Antártica en sus diversas escalas, y muy especialmente con la variabilidad de baja frecuencia en la cobertura del hielo y en los subsistemas generados en su borde. Esto significa que la descripción de un microambiente puede ser pertinente a esas condiciones geográficas y a ese año pero no a otra región ni a otro año. Esto tiene implicancias obvias en la predicción de la biología y de la dinámica de las

poblaciones de predadores tope directa o indirectamente asociados al krill antártico (nutrición y crecimiento de pingüinos, focas etc.), y no tan sólo de los depredadores si no que de los otros componentes del sistema de flujos orgánicos e inorgánicos de la Antártica (acoplamiento piélagos-fondo, piélagos- atmósfera, piélagos hielo).

Conclusiones y proyecciones

1.- la biología de una sola especie (*E. superba*), que determina el acoplamiento entre la física y la producción primaria con el crecimiento y comportamiento de predadores tope sugiere una gran vulnerabilidad del Sistema Antártico a los cambios catastróficos naturales y derivados de la acción del hombre.

2.- cualquier predicción sobre alguna de las poblaciones (e. g. crecimiento), o de las estructuras o procesos comunitarios generales o regionales (e. g. producción, flujos) depende de la capacidad de discriminar entre la respuesta de los organismos, especies, comunidades; a las condiciones naturales, de aquellas catastróficas.

3.- las condiciones ambientales naturales de la Antártica presentan una alta variabilidad en el espacio y en el tiempo donde la de baja frecuencia parece tener un efecto cualitativo crucial y de mucho mayor envergadura que la variabilidad de microescala, sin que ésta pueda ser ignorada. Es decir entre uno y otro lugar geográfico y entre un año y otro, el sistema puede tener forzamientos físicos y respuestas adaptativas drásticamente diferentes entre si.

4.- esta variabilidad ambiental está apenas descrita para zonas escogidas , aunque la necesidad de administrar los espacios y recursos marinos alcanzan todo el Sistema Marino Antártico

5.- Indudablemente que las herramientas estadísticas y de modelación tiene un valor heurístico. Sin embargo, además del monitoreo continuo y regional (sensoramiento remoto y local *in situ*) son ineludibles los cruceros que permitan la exploración y enfrentamiento multidisciplinario, y la experimentación *in vivo* en la mar y en las bases costeras. Sólo así se podrá alcanzar la comprensión del Ecosistema Marino Antártico, herramienta supuestamente ineludible de administración y ordenación de ese interesante, vasto y rico ecosistema.

Referencias

- ANTEZANA, T., K. RAY y C. MELO, 1982. Trophic behavior of *Euphausia superba* Dana in laboratory conditions. *Polar Biology* 1: 77-82
- ATKINSON, A. y R. SNYDER, 1997. Krill-copepod interactions at South Georgia, Antarctica, I. Omnivory by *Euphausia superba*. *Marine Ecology Progress Series* 160: 63-76.
- BEDDINGTON, J. R. y W. K. DE LA MARE, 1984. Marine mammal fishery interactions. En *Selected Papers Presented to the Scientific Committee of CCAMLR 1982-1984, Part II*, pp. 155-178. Hobart: Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources.
- BRIERLEY, A. S. y J. L. WATKINS, 1996. Acoustic targets at South Georgia and the South Orkney Islands during a season of krill scarcity. *Marine Ecology Progress Series* 138: 51-61.
- BUCHHOLZ, F. y R. SABOROWSKI, 1996. A field study on the physiology of digestion in the Antarctic krill, *Euphausia superba*, with special regard to chitinolytic enzymes. *Journal of Plankton Research* 18: 895-906.

- CASAUX, R., 1998. The contrasting diet of *Harpagifer antarcticus* (Notothenioidei, Harpagiferidae) at two localities of the South Shetland Islands, Antarctica. *Polar Biology* 19: 283-285.
- CROXALL, J. P., T. S. MC CANN, P. A. PRINCE y P. ROTHERY, 1988. Reproductive performance of sea birds and seals at South Georgia and Signy Island, South Orkney Islands, 1976-1987: Some implications for Southern Ocean monitoring studies, pp. 261-285. En D. Sahrhage (ed.) *Antarctic Ocean and Resources Variability*, Springer-Verlag, Berlin.
- CROXALL, J. P., A. J. HALL, H. J. HILL, A. W. NORTH y P. G. RODHOUSE, 1995. The food and feeding ecology of the white-chinned petrel *Procellaria aequinoctialis* at South Georgia. *Journal of Zoology* 237: 133-150.
- CROXALL J. P., P. A. PRINCE y K. REID, 1997. Dietary segregation of krill-eating South Georgia seabirds. *Journal of Zoology (London)*: 242: 531-556.
- DEMERS D. A. y R. P. HEWITT, 1995. Bias in acoustic biomass estimates of *Euphausia superba* due to diel vertical migration. *Deep-sea Research* 42: 455-475.
- GREEN-HAMMOND, K. A., 1981, 3. Modelling of Antarctic ecosystems, pp.22-45. En S. Z. El-Sayed (ed.) *Biological Investigations of Antarctic Systems and Stocks*, vol 2 , SCAR-SCOR, Cambridge.
- HAMNER, W. H., P. P. HAMNER, S. W. STRAND y R. W. GILMER, 1983. Behavior of Antarctic krill, *Euphausia superba* : chemoreception, feeding, schooling, and moulting. *Science* 220: 433-435.
- HILL, H. J., P. N. TRATHAN, J. P. CROXALL y J. L. WATKINS, 1996. A comparison of Antarctic krill *Euphausia superba* caught in nets and taken by macaroni penguins *Eudyptes chrysolophus*: evidence for selection?. *Marine Ecology Progress Series* 140: 1-11.
- HOSIE, G. W. y T. G. COCHRAN, 1994. Mesoscale distribution patterns of macrozooplankton communities in Pridz Bay, Antarctica, January to February 1991. *Marine Ecology Progress Series* 106: 21-39.
- HUNTLEY, M. E., P. F. SYKES y V. MARÍN, 1989. Biometry and trophodynamics of *Salpa thompsoni* (Tunicata, Thaliacea) near the Antarctic Peninsula in austral summer 1983-1984. *Polar Biology*, 10: 50-70.
- ICHI, T., K. KATAYAMA, N. ISHII y M. NAGANOBU, 1998. Occurrence of Antarctic krill (*Euphausia superba*) concentrations in the vicinity of the South Shetland Islands: relationship to environmental parameters. *Deep-Sea Research* 45: 1235-1262.
- IKEDA, T y P. DIXON, 1982. Body shrinkage as a possible overwintering mechanism of the Antarctic krill *Euphausia superba* Dana. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 62: 143-151.
- KAWAGUCHI S. y T. TODA, 1997. Discovery of ciliates reproducing in the gut of Antarctic krill. *Polar Biology* 18: 158-160.
- KNOX, G. A., 1994. *The Biology of the Southern Ocean*. Cambridge University Press, Cambridge.
- LEGENDRE, L. y J. LE FEBRE, 1989. Hydrodynamical singularities as controls of recycled versus export production in oceans. En W. H. Berger, V. S. Smetacek y G. Wefer (eds.) *Productivity of the Oceans: Present and Past*, pp. 49-65. *Life Sciences Research Report* 44. John Wiley & Sons, Londres.
- MCGEEHEE D. E., R. L. O'DRISCOLL, y L. V. M. TRAYKOVSKI, 1998. Effects of orientation on acoustic scattering from Antarctic krill at 120 kHz. *Deep-Sea Research* 45: 1273-1294.
- MOLINE, M. A., B. B. PRÉZELIN, O. SCHOFIELD y R. C. SMITH, 1997. Temporal dynamics of coastal Antarctic phytoplankton: environmental driving forces and impact of a 1991/92 summer diatom bloom on the nutrient regimes. En B. Battaglia, J. Valencia y D. W. H. Walton (eds.) *Antarctic Communities. Species, Structure and Survival*, pp. 67-72. Cambridge University Press, Cambridge.
- MURPHY, E. J., J. L. WATKINS, K. REID, P. N. TRATHAN, I. EVERSON, J. P. CROXALL, J. PRIDDLE, M. A. BRANDON, A. S. BRIERLEY y E. HOFMANN, 1998. Interannual variability of the South Georgia marine ecosystem: biological and physical sources of

- variation in the abundance of krill. *Fisheries Oceanography* 7: 381-390.
- NISHINO, Y. y A. KAWAMURA, 1994. Feeding ecology of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). *Bulletin of the Faculty of Bioresources of the University of Miedai* 12: 249-264.
- NISHINO, Y. y A. KAWAMURA, 1996. Food habits of the Antarctic krill *Euphausia superba* Dana in South Shetland waters. *Bulletin of the Plankton Society of Japan* 43: 9-19.
- PAKHOMOV, E. A. , 1997. Feeding and exploitation of the food supply by demersal fishes in the Antarctic part of the Indian Ocean. *Journal of Ichthyology* 37: 360-380.
- PAKHOMOV, E. A. , R. PERISSINOTTO y C. D. MCQUAID, 1996. Prey composition and daily ration of myctophid fishes in the Southern Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 134: 1-14.
- PAKHONOV, E. A. , R. PERISSINOTTO, P. W. FRONEMAN y D. G. M MILLER, 1997. Energetics and feeding dynamics of *Euphausia superba* in the South Georgia region during the summer of 1994. *Journal of Plankton Research* 19: 399-443.
- PAULY, T. y J. D. PENROSE, 1995. laboratory target strength measurements of free-swimming Antarctic krill (*Euphausia superba*). *Journal of Acoustic Society Am.* 103: 3269-3280.
- PAULY, T. y J. D. PENROSE, 1998. Error estimation in the accoustic target strength measurement of Antarctic krill. *Oceans'95: challenges of our changing global environment*. MTS/IEEE, New York 2, pp. 963.
- PERISSINOTTO, R. , E. A. PAKHOMOV, C. D. MCQUAID y P. W. FRONEMAN, 1997. *In situ* grazing rates and daily ration of Antarctic krill *Euphausia superba* feeding on phytoplankton at the Antarctic Polar Front and the Marginal Ice Zone. *Marine Ecology Progress Series* 160: 77-91.
- PRIDDLE, J., J. P. CROXALL, I. EVERSON, R. B. HEYWOOD, P. A. PRINCE y C. B. SEAR, 1988. Large-scale fluctuations in distribution and abundance of krill: A discussion of possible causes. En D. Sahrhage (ed.) *Antarctic Ocean and Resources Variability*, pp. 169-182. Springer-Verlag, Berlin.
- QUENTIN, L. B. y R. M. ROSS, 1991. Behavioral and physiological characteristics of the Antarctic krill *Euphausia superba*. *American Zoologist* 31: 49-63.
- RICE, J. 1995. Food web theory, marine food webs and what climate change may do to northern marine fish populations. pp. 561-568. En R.J. Beamish, (ed.), *Climate Change and Northern Fish Populations*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 121. 739 pp.
- RIDOUX, V. 1994. The diets and dietary segregation of seabirds at the subantarctic Crozet Islands. *Marine Ornithology* 22: 1-192.
- SAHRHAGE, D. 1988. *Antarctic Ocean and Resources Variability*, pp. Springer-Verlag, Berlin.
- SAKSHAUG, E. y O. HOLM-HANSEN, 1984. Factors governing pelagic production in polar oceans, pp. 1-18. En O. Holm-Hansen, O. L. Bolis y R. Gilles (eds.), *Marine Phytoplankton and Productivity*. Springer-Verlag, Berlin.
- SIEGEL, V. y V. LOEB, 1995. Recruitment of Antarctic krill *Euphausia superba* and possible causes for its variability. *Marine Ecology Progress Series* 123: 45-56.
- STEELE, J.H. , 1987. Scale selection for byodynamic theories. En B. J. Rothschild (ed.) *Toward a theory on Biological-Physical Interactions in the World Ocean*, pp. 513-626. Kluwer Academic Press, Londres.
- SOKOLOVA, M. N. , N. G. VINOADOVA y I. I. BURMISTROVA, 1995. The "rain" of dead material as a food source for ultra-abyssa; macrobenthos in the Orkney Trench. *Oceanology*: 35: 587-591.

Ute Volbehr

*How a Star is Born: the Reproductive Biology of the
Brooding Asteroid
Anasterias Antarctica (Luetken 1856)*

The forcipulate asteroid *Anasterias antarctica* (Luetken 1856) is the most frequent sea star in the rocky intertidal and shallow subtidal of the Magellan Region, contributing a great part to total abundance and biomass of these systems.

As an active predator, it represents one of the key species of the highest trophic level of invertebrates in these communities, consuming a broad range of prey organisms and thus showing generalistic feeding habits, a common feature of (sub-)antarctic Echinoderms.

In its reproductive biology, *A. antarctica* is distinct from the majority of asteroids which display pelagic and planktotrophic types of larval development. Like many benthic invertebrates from high-latitude regions, chiefly in the Southern Hemisphere, it is a true brooder with a direct lecithotrophic development. The female carries eggs and juveniles in a suboral brood chamber which is formed by its arms and arched disk until the fully developed juvenile sea stars are released.

This brood-protective behaviour, which could be explained by the short period of time when planktonic food is available and the low temperatures which slow growth and thus expose planktonic larvae to predation for longer periods, has been observed in all known representatives of the sub-Antarctic, shallow-water asteroid genus *Anasterias*.

In this poster, first observations about the reproductional characteristics of *A. antarctica* from the Magellan Region are presented and they will be compared with closely related polar species.

TEMA 4

EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LAS REGIONES POLARES

Geological History of the Arctic

Contrasting to the Antarctic, the Arctic is an ocean surrounded by continents which have been occupied by various nations for a long time. The human species, which originated in eastern Africa immigrated to the Eurasian Continent more than a million years ago and proceeded to the north, following the animals they hunted. To the northwest, extensive glaciers covered northern half of Europe until ca. 10 Ka ago, while the northeast consisted of cold, but ice-free steppes and forests, where the humans made the first challenge to cold climate more than ten thousands years ago. Human remains from the northeasternmost Siberia have been dated by carbon isotopes to be as old as 40 Ka before present. The sea level was more than 200 m lower than at present during the ice-ages, which started ca. 2 Ma ago and had four major cycles. The last one ended ca. 10 Ka ago and made it possible for the humans to cross the Bering Strait from Asia to North America, where they expanded very rapidly to the south.

The history of discovery of the Arctic region is usually described using European records, starting from the imaginations of the Greeks and Romans. Factual records are available from the late 16th century, when British and Dutch made expeditions to reach to wealthy China and India, since the southern routes to these areas were totally occupied by the Portuguese and Spanish powers. The Russian Empire began to expand to the east from that time and maps of Siberia were compiled in the 18th century. Many maps published before the last century show one cm more large continents around the North Pole. This misunderstanding was finally uncovered by the FRAM expedition of F. Nansen in 1893-96.

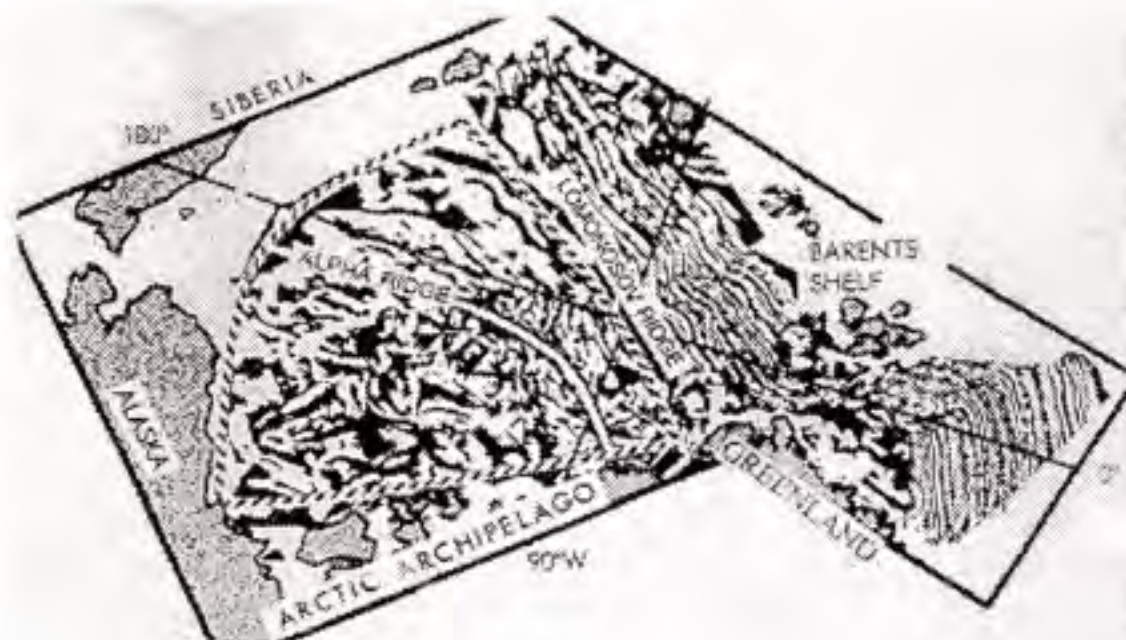
Migration of mankind during stone ages



The Arctic Ocean Basin is divided into two areas by a central submarine mountain range: The Lomonosov Ridge, which extends from north of Greenland to the New Siberian Islands (or Novosibiriskie Ostrova). The Eurasian side of this ridge forms a single basin, having a mid-oceanic, sea-bottom spreading ridge in the middle, the Nansen-Gakkel Ridge, which continues southward to the Mid-Atlantic Ridge. The ocean spreading along these ridges started ca. 65 Ma ago and is still active today. Before that, the Baltic continental plate was juxtaposed with the eastern coast of Greenland, northwestern Africa with the eastern coast of the United States, and the Arctic continental shelf in the north was in contact with the Lomonosov Ridge. Evidence of the opening history is clearly reflected by the magnetic patterns in the volcanic rocks of the ocean floors.

The Canadian side of the Arctic Ocean Basin has a complex geophysical nature, and no common explanation for its formation process exists. One opinion says that the Alaskan Plate was situated in the north of the Canadian Arctic Islands and then was rotated anticlockwise by more than 90° to the present position, forming a fan-shaped sea-basin, while others claim that the Alaskan Plate moved laterally to the west along a fault paralling the northern continental shelf of the Canadian Arctic Islands. The Chukuchi Plate of northeastern Siberia is thought to have been in contact with the Lomonosov Ridge before the opening of the Ocean and then moved to the southward to the present position. In all opinions the opening of the Canadian side of the Arctic Ocean occurred during the Mesozoic.

Magnetic anomaly map of the Arctic Ocean
(Vogt & others, 1981)



Various dinosaurs flourished on the surface of this planet during the Mesozoic, from 65 to 250 Ma ago, and numerous ammonites were populating the seas. Some fossil dinosaur bones and foot-steps have been found in Spitsbergen presently at ca. 78°N, where the climate was as milder during the Mesozoic as it presently is in middle Europe. The North Pole was present eastern Siberia during this period. Extensive sediments were deposited on the sea bottom around the continents, and these contain a large amount of hydrocarbon resources, such as oil, gas and coal. Oil and gas are recently extracted in offshore Alaska, the Canadian Arctic Island, the Barents Sea in the north of Norway, the Pechola region in northwestern Russia and Yamar Peninsula in northwest Siberia. Coal has been mined in Spitsbergen of Norway.

In the Paleozoic period, from 250 to 560 Ma ago, the continents around the Arctic Ocean migrated in complex ways to repeatedly form ocean basins between them and then close the basins by forming distinctive mountain ranges. These are the Ural mountains between the Baltic and Siberian plates, formed ca. 300 Ma ago, the Caledonian mountains between the Baltic and North American plates, formed ca. 450 Ma ago, and the Inuitian mountains along the northern coasts of Greenland to Canadian Arctic Islands, ca. 300 Ma ago. A supercontinent was thus formed through these mountain building events in the latter part of the Paleozoic. Fossils and paleomagnetic data show that these continental plates were positioned about 30° to 60° N during this period. The ancestors of most presently living creatures, including some already extinct ones, appeared during this period.

Artistic drawings of Paleozoic and Mesozoic fossils
(Prof. A. Heintz, 1960)

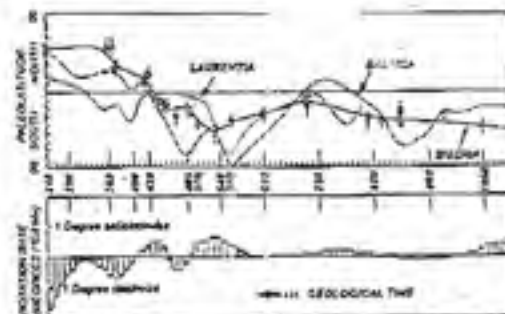


The ancient geological time older than ca. 560 Ma is called the Precambrian, covering as much as ca. 8/9 of the 4600 Ma Earth's history. The core-parts of the continents around the Arctic Ocean~ are composed of old rocks formed during this ancient period, such as the Brooks Range of Alaska, the mainland Canada and Greenland, Scandinavia, Anabar and Aldan of central Siberia and Kolyma in eastern Siberia. There were several periods of strong crustal movements to produce new continental crust during this period, the Grenvillian event (ca. 950-1200 Ma ago), the Gothian event (ca. 1400-1.500 Ma ago), Svecofenian event (ca. 1700-1800 Ma ago) and several others ca. 2400 Ma, 2800 Ma and 3400 Ma ago. The oldest records of continent -formation is ca. 3800 Ma old, found in western Greenland, northeastern and northwestern Canada. Most continental plates around the present Arctic Ocean were located in the southern hemisphere during this ancient period and supercontinents were formed and dissolved several times.

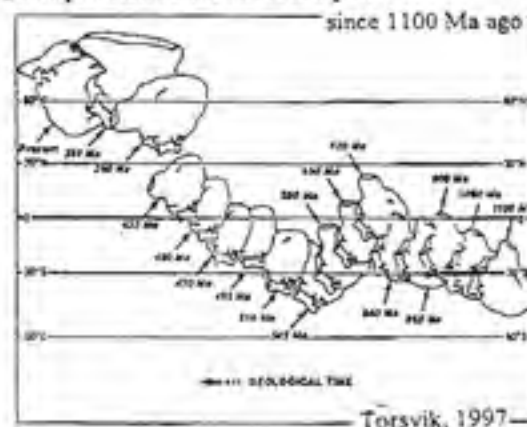
Carbon isotope ratios suggest the existence of organic lives already 3800 Ma ago and the first oxygen-discharging algae have been found in the rocks with ages of ca 2800 Ma. Since ca. 3000 Ma, the amount of oxygen in the atmosphere gradually increased and a small part of it has been converted into Ozone which absorbs harmful ultra-violet radiation from the sun. Thus, the conditions suitable for oxygen-consuming creatures in shallow seas and on land were gradually formed through a long development history of the Earth during the Precambrian Period.



Paleolatitudes of Siberia (solid) Laurentia (dot) and Baltica (broken) plates



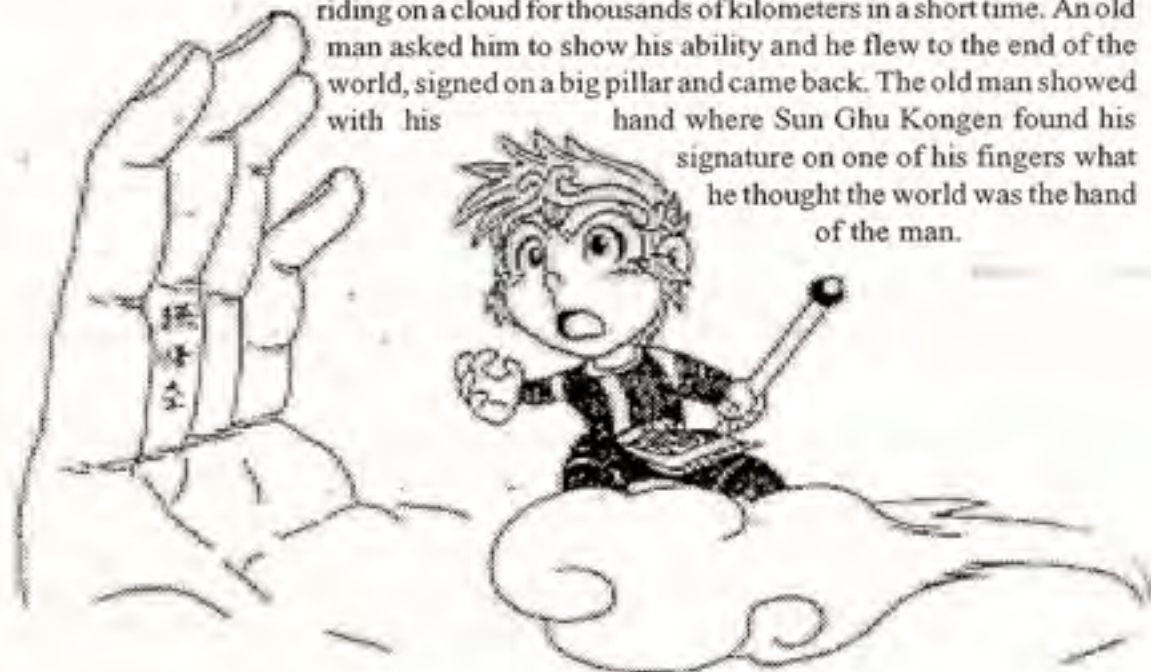
Paleoposition of the Siberian plate



Current environmental destruction by human activities are caused by too rapid discharges of pollutants from industrial activities relative to the recovering ability of natural processes, and such processes, in a geological view, are often retrogressive against the developments of nature. Mankind has picked up specific technologies, which are useful and benefitable for them, from the results of developing sciences, without considering mutual relationships with the rest of the surrounding nature. The causatives thus discharged influence life and society. Various countermeasures are considered and executed to adapt the new conditions to make a pseudo-balance between humans and nature. This kind of job is that of a cleaning bureau, since it is the duty of mankind who caused these pollutions, and a kind of allopathy. When one cycle of causatives-impact-adaptation induces, the next cycle to solve appears, thus, they make an endless, unescapable cycle of spiral development, which is similar to the so-called KARMA of Buddhism. The spiral cycle may, optimistically, converge to a favorable target, in which mankind will get a harmonious existence within nature, however, the cycle may diverge into unadjustably large impacts, which lead mankind to its extinction. This pessimistic prospect seems to be more likely than the optimistic one.

“To get into Nirvana, one must be delivered from the Karma”, so Buddha taught. The most important problem about being delivered from the endless cycle is not to make causatives, which derive from man’s habit to enjoy only the sweet parts of scientific results, attracted by their benefitability. Our wisdom has a great ability to develop scientific knowledge as we have gained by now. It seems that the time has come to use our wisdom to control our ambition towards wealth and benefitability. People say that we shall save or help nature, but it is nature which can save and protect human being. Mankind is too much self-conceited, we must be modest to nature.

Sun Ghu Kongen was a heavenly monkey king and was able to fly riding on a cloud for thousands of kilometers in a short time. An old man asked him to show his ability and he flew to the end of the world, signed on a big pillar and came back. The old man showed with his hand where Sun Ghu Kongen found his signature on one of his fingers what he thought the world was the hand of the man.



*Biodiversity changes and paleobiogeography of
late cretaceous Antarctic marine faunas*

At the northeastern tip of the Antarctic Peninsula, the James Ross Basin preserves excellent exposures of relatively complete Late Cretaceous shelf deposits. The Santonian-Maastrichtian interval (about 3 km. thick) records a very rich and superbly preserved invertebrate marine fauna. This interval involves the last c. 20 Ma prior to the major global biotic crisis at the K/T boundary and thus it forms a rare window for observation of biodiversity changes and paleobiogeographic patterns in southern high latitudes.

The Santonian-Maastrichtian paleogeography of the basin consisted of a western land-area with active volcanoes, located along the axis of the present Antarctic Peninsula. The regional shoreline of the Late Cretaceous Sea was generally oriented N to S and the Santonian-Maastrichtian clastic sedimentation took place in a wide shelf basin extended to east into the present Weddell Sea. The study of the ammonite faunas allows for the establishment of precise time-lines and correlation of all representative sections across the basin. In addition, detailed sedimentologic studies of the same sections form the basis for recognition of three main stratigraphic sequences of Santonian-Early Campanian, Late Campanian-Early Maastrichtian, and Maastrichtian-Danian ages, respectively. On the basis of these data, a downdip stratigraphic section was erected and all ammonite fossil localities (including number of specimens; percent of composition; and generic richness) were plotted in the proper stratigraphic position to inspect for diversity changes during the Santonian-Maastrichtian intervals. Qualitative data is also given for the rest of the marine invertebrate fauna.

The Santonian-Early Campanian faunas are relatively diverse and most component genera are cosmopolitan or widely distributed in the Indopacific Realm. The biodiversity changes across this sequence can be explained by the typical pattern of areal changes in the shelf during a transgressive-regressive cycle.

However, at the upper part of the sequence several important taxa, well known in the Maastrichtian elsewhere in the world, present their last record in the Early Campanian of Antarctica.

In the Late-Campanian-Early Maastrichtian and Maastrichtian-Danian sequences the biodiversity pattern differs markedly. In spite of the large number of collected specimens, a marked drop in the biodiversity is recorded for the last 8 Ma interval of the Late Cretaceous. Drop in biodiversity is accompanied by a total reorganization of the Antarctic faunas, with clear dominance of the stenothermal ammonite family Kossmaticeratidae, which is mostly restricted to southern high latitudes in the Late Campanian-Mid Maastrichtian.

Only expansion and reduction of the shelf during transgressive-regressive cycles cannot explain the pattern of biodiversity changes during the upper two Antarctic sequences. Marked drop in biodiversity and dominance of the highly endemic stenothermal kossmaticeratids in the Late Campanian-Maastrichtian of Antarctica strongly suggest paleoceanographic controls. This interpretation is consistent with known data indicating a long-term cooling period in southern high latitudes and patterns of biogeographic distribution of calcareous plankton around Antarctica during the latest Cretaceous.

The Permafrost of Antarctic Peninsula Area

Abstract

Since 1990, the joint Argentine (Instituto Antártico Argentino) - Japanese (Institute of Low Temperature Science) Group "Criología" is concerned with research on cryological and geomorphological aspects in the northern Antarctic Peninsula area.

Sorted nets, circles, and stripes, stone pits, ice-wedge, seasonal frost crack polygons, gelifluction lobes, ice-cored rock glaciers, protalus lobes, protalus ramparts and stone-banked terraces, are some of the most conspicuous cryogenic and periglacial features studied by our research group.

One of the topics of the research program focuses on determining the flow regime and mechanisms of different types of rock glaciers (and protalus lobes), including the "glacier-rock glacier system" called Lachman II in James Ross Island. A more precise characterization of these morphological system results from the determination of surface flow patterns by tracking marked blocks, accurately referred to fixed stations, and from data of installed local thermo-registering stations providing precise values of air mean annual temperature, ground mean annual temperature, and geothermal gradient. A main rock glacier and an older rock glacier are morpho dynamically distinguished. Considering the geomorphology of the landscape related to these rock glaciers, they were formed after two recessive glacier advances occurred at 1300-1000 and 200 a. BP. respectively.

Protalus lobes develop without relation to glaciers at the foot of scree slopes and look to be ice-cemented. Protalus ramparts are mentioned for the first time in the Antarctic Peninsula area. Their genesis is related to protalus lobe formation.

Another topic that we faced was related to stone-banked terraces that develop in Rink Crags, James Ross Island. Stone-banked terraces occur on gentle slope (c. 5°) at the top of these crags (c. 450 m a.s.l.), reach maximum lengths of about 60 m and widths of about 30 meters. The fronts range in height from less than 0.6 m, to as much as 3.5 meters. Moving rate was measured to be less than 5 cm/year.

Using the geo-electrical resistivity method the permafrost thickness was established for marine terraces and other terranes with different deglaciation ages in Seymour and James Ross islands. These data, combined with ¹⁴C isotope dating, enabled to determine the permafrost development rates of 0.01 to 0.015 m/y for the marine terraces in Seymour Island and of 0.0018 to 0.0016 m/y for the marine terraces in James Ross Island.

Thermo-registration devices, with sensors installed at different depths, are continually monitoring the periglacial cryosphere, allowing for the determination of the mean annual temperature gradient and the daily temperature fluctuation (with data every 2 and 4 hours), for each level, including air temperature. Three registering stations are installed (with thermic sensors at specific ground levels) in a 10 m deep drill at the highest meseta of Seymour Island, in a 2 m deep drill at the coastal environment of James Ross Island and, in the same island, at a 1.8 m drill on the top of Rink Crags. Thermal contraction parameters and heat flow are also established for different ground levels in both islands.

Jorge A. Strelin

The Cenozoic of James Ross Island

Until the initiation of the present Subprogram, the study of the eastern insular sector of the Antarctic Peninsula focused on Mesozoic marine sediments of James Ross Basin, leaving aside a complex unit of Upper Cenozoic volcanics. These rocks are the unique geological witness for this period, since the marine sediments of Seymour (Marambio) and Cockburn islands are of Paleogene age. For this reason, research on the Cenozoic principally the volcanigenic units was initiated in cooperation with specialists of different research institutions.

Detailed stratigraphic profiles, petrography, geochemistry, cristalochemistry, paleomagnetic and geoisotopic-radiometric dates and stable isotopes- studies carried out on the James Ross Island give way to a more precise correlation between the different volcanic epochs and, through a multivariate analysis, to a better stratigraphic picture of this Antarctic region. Three eruptive epochs of upper Miocene to Holocene age are recognized. The maximum accumulation of volcanic rocks was reached below the ice cap of Mount Haddington at 1300 m (a.s.l.). The volcanic activity finished recently in this region taking into account that the eruptions of Marina and Elba volcanoes were of an intra – or supra – glacier type (hydroclastic and pyroclastic).

Detailed studies of this volcanigenic sequences allow to obtain a mayor precision about the geology and paleogeography of this Antarctic sector. It was established that late Miocene volcanic rocks of the James Ross Island Volcanic Group were originally deposited in a glacimarine environment. The volcanic outline resembles the Icelandic tablemountain type. The lithostructural characteristics, the fossils contained in basal, the intercalated diamictitic levels-within these volcanic rocks- and the existence of marked erosive unconformity, show that the marine level reached a maximum of 600m (a.s.l.) during the early Pliocene. This surface was covered by volcanic and volcanoclastic rocks without evidences that permit to suppose a glacimarine environment. The eruptions probably occurred within an ice cap or an ice-shelf, in contact with ice or glacier meltwater.

Marine seismic trying to clarify the Cenozoic stratigraphy was performed in the continental shelf between the James Ross Island Archipelago and the Jason Peninsula, under the supervision of Dr. Lawrence Lawver of the Institute for Geophysics of the University of Texas (USA). Our field-data allow for a tentative correlation between outcrops in James Ross Island and the interpreted seismic sequences in the marine shelf subsurface.

Research in the Bransfield Strait (Mar de la Flota) has been initiated in order to clarify the tectonic environment of the present volcanism. Valuable data about the actual volcanic activity along the Bransfield Rift, axis were obtained.

The Ihersolit and harzburgit xenoliths collected in diverse localities of James Ross

Island and Seal Nunataks will provide important additional information about the geotectonic setting.

The present volcanism in James Ross Island corresponds to an intraplate basalt tectonic setting, not associated to a subduction zone. The petrological and mineralogical aspects concerning the economical significance associated to the volcanic sequences are not analyzed yet. Until now, only the volcanic neck of Nunatak Ventisca and the dikes outcropping in Hamilton Point showed signs of mineralization.

Teresa Torres, H. Galleguillos, H. Méon, M. Philippe, G. Barale

Mesozoic and Cenozoic Flora from South Shetland Islands, Antarctica

Introduction

The South Shetland Islands stand as one of the most important regions for paleobotanical research about Gondwana. Since James Eights in 1830 collected a piece of fossil wood at the South Shetland Islands, the plant remains have provided an important source of information on the climatic conditions and biogeography of the plants found in the Antarctic regions. Fossil wood, leaves, pollen and spores represent remains of forests that grew on the active volcanic arc now occupied by the South Shetland Islands. From the Mesozoic to the Cenozoic age a notable and heterogeneous vegetation has been found by the authors on different islands during many Chilean Antarctic Expeditions sponsored by the Instituto Antártico Chileno. A review of our essential findings is presented here.

Mesozoic Flora

The Mesozoic plant record starts with an upper Triassic flora at Williams Point beds, north-east of Livingston Island. In the sedimentary succession on terrestrial facies two very well preserved floras have been studied. Several typical species of Umkomasiales, *Dicroidium*, and other plants as Equisetales (*Neocalamites*, *Equisetum*), Caytoniales (*Sagenopteris*, *Caytonia*), Ginkgoales (*Shenobaiera*), Filicales (*Asterotheca*, *Cladophlebis*, *Dictyophyllum*, *Scoresbya*), Coniferales (*Pagiophyllum*, *Elatocladus*) and *Linguifolium steinmanni* were determined. Since the autochthony of fossil plants is confirmed, this fact allows the review of the paleogeographical conditions for this region at the end of the Triassic. There is a strong evidence of an emerged landmass on Livingston Island as early as in the Upper Triassic. Indications of autochthony in this locality for the fossil material include numerous fern roots and many branching twigs of conifers, some of them bearing cones, as well as levels with in situ roots justifying the existence of paleosols. These evidences show that continental sediments in Williams Point were deposited during the Upper Triassic age. Barale *et al.* (1994a, 1994b, 1995)

It should be noted that on the same locality in Williams Point, there are also sediments with angiosperms (pollen, fossil woods, leaf impressions) that are characteristic of the Late Cretaceous age. Anatomical, systematic and comparative studies of fossil woods allow us to postulate several different species: *Sahnioxylon antarcticum* Lemoigne & Torres, *Araucarioxylon floresii* Torres & Lemoigne, *Podocarpoxyylon lemoignei* Torres and four ancestral dicotyledonous fossil woods. Torres and Lemoigne (1989); Lemoigne and Torres (1988), Philippe *et al.* (1993).

In this locality *Nothofagus* was not found. It is remarkable to notice that in all the angiospermous fossil woods the annual growth rings are indistinguishable and also in the

coniferous they are little distinct. The pattern of cells across rings shows an interesting information concerning the conditions during the tree growth. The production of an unusually great number of cells may possibly be due to the fact that the plants received sunlight continuously, allowing an uninterrupted growth. This characteristic, very common in the fossil woods of Williams Point, is a testimony of warm environmental conditions and uniform temperature in the late Cretaceous age on Livingston Island.

Other Gondwanan flora typical of the Early Cretaceous age has been found in Byers peninsula, Livingston Island, Torres *et al.* (1982); Torres (1993) and in President Head, Snow Island. The macro and microflora (leaf imprints, fossil woods, pollen and spores) show a very diverse floral assemblage. No evidence of angiosperms has been found. It is usually considered that this group arrived in West Antarctica around the Albian period. The tree stratum was composed of *Araucariaceae*, *Podocarpaceae* and *Taxodiaceae*. According to the xylotomical study four species were described. The conifer woods with distinct growth rings are as follows: *Araucarioxylon arayai* Torres, *Podocarpoxydon fuenzalidaii* Torres, *Brachyoxylon hervei* Torres, *Taxodioxylon* sp. A Bennettitalean forms *Sahnioxylon lemoignei* Torres. *Sahnioxylon antarcticum* Lemoigne & Torres, of biogeographical interest, was also found. Similar species exist in New Caledonia and in the India fossil wood records.

In the palynoflora *Araucariacites*, *Podocarpidites*, *Allsporites* and several very large bisaccate pollens are frequent as are *Elatocladus* and other conifer foliage.

The middle vegetation stratum was composed of Cycadeoidales, Caytoniales, Corytospermales species and Cycadales (*Cycadopites* types and *Nilsonia*). According to leaf imprints, the Bennettitales species were an important part of the middle stratum (*Cycadolepis*, *Dictyozamites*, *Neozamites*, *Otozamites*, *Zamites*, *Ptilophyllum*, *Pterophyllum*).

Several Filicales formed the herbaceous stratum. Fern spores included several families: *Gleicheniaceae* (*Gleicheniidites*), *Schizeaceae*, (*Cicatricosisporites* types), *Osmundaceae* (*Baculatisporites*, *Cyathidites* types), *Lophosoriaceae* (frequently *Cyatheidites annulatus*), *Lygodiaceae* (*Klukisporites*, *Trilites*), *Polypodiaceae* (*Tuberculatosporites*). The macroflora ferns include *Coniopteris*, *Gleichenites*, *Sphenopteris* and *Cladophlebis*. This plant assemblage grew in a warm rain forest probably around fresh water lakes. For its diversity and geographical relations with similar flora of the Cretaceous age from India, South America and Antarctica, this flora is a valuable record for the Mesozoic Southern hemisphere's biota, corresponding to the Gondwanic territory, Torres *et al* (1995a, 1995b), Philippe *et al* (1995), Torres *et al* (1997a, 1997b), Torres *et al.* (1998)

Cenozoic Flora

In the Cenozoic the most important flora was found in Fildes Formation on King George Island. Nowadays this island has 90 per cent of its surface covered with ice and hence the development of vegetable life is hindered. Numerous species of lichens, mosses,

hepaticas, a gramineous *Dechampsia antarctica*, and a Cariophilaceae, *Colobanthus quitensis* have developed on this island under extreme conditions.

In the geological past evidences of vegetation until the late Tertiary have been found. The flora was evolving from a flora of a warm to a temperate-cold climate. At the beginning of the Tertiary period (Palaeocene - Eocene, 65 to 55 million years) the flora was tropical to subtropical. After the volcanic events and glacial and inter-glacial periods, the flora was changing and at the end of the Miocene epoch, it became a cold temperate flora similar to the forests of the South of Chile.

The paleobotanical study of the macroflora and palynoflora indicates the existence of rich vegetation made up of several genera and species. Evidences were found in sedimentary volcano rocks of Fildes Formation, principally Fossil Hill, Suffield Point, and two new localities (Agathe Beach Formation) in Fildes Peninsula.

The fossil woods belong to the Araucariaceae, Podocarpaceae, Cupressaceae, Fagaceae, Monimiaceae, Cunoniaceae, Eucryphiaceae and Rubiaceae families. Three new genera and seven new species have been proposed. Torres, 1984, Torres 1990, Torres (2001)

The fossil leaf study corresponds to 37 angiospermous forms belonging to the Acanthaceae, Anacardiaceae, Caesalpinaceae, Dilleniaceae, Fagaceae, Icacinaceae, Lauraceae, Myricaceae, Myrtaceae, Monimiaceae, Passifloraceae, Proteaceae, Rhamnaceae, Sapindaceae, Smilacaceae and Sterculiaceae families. Also, leaf imprints of Araucariaceae, Cupressaceae and Podocarpaceae were found. Ferns are represented by Cyatheaceae, Dicksoniaceae, Gleicheniaceae, Lophosoriaceae, Lycopodiaceae, Polypodiaceae and Schizaeaceae. This flora seems to be the final representation of the mixed flora living in the Palaeocene-Eocene age, before the implantation of the temperate *Podocarpus-Nothofagus* flora at the end of the lower Eocene. Similar floral compositions have been found in the volcano-clastic rocks in Barton Peninsula and Potter Cove. Hence, both tropical and subtropical environments are proposed for this flora.

Southern Beech

The southern beech (*Nothofagus*) is the most frequent biota found in the tertiary sediments on King George Island. Ten different species of *Nothofagidites* (*fusca*, *brassi* and *menziessi* pollen types) are very recurrent. They are associated with a rich palynoflora composed of many fern spores and Podocarpaceae, Araucariaceae, Proteaceae, Gunneraceae pollen. A comparative study of actual and fossil pollen grain allowed the establishment of some botanical affinities with the extant South American species. Torres (1990), Torres and Méon (1990, 1998) Torres (1990).

Nevertheless, the *Nothofagidites* of King George Island (Fossil Hill, Fildes Formation) have an exine with strong spines which is a characteristic of some extant species of the *brassi* group existing in New Guinea and New Caledonia under warm and humid climates. The leaf impressions with their big sizes are similar to deciduous and relict species now

occurring in Argentina and Chile. According to these data and those based on the study of fossil woods from the same sites, it appears that during the Paleogene period, the fossil southern beeches were trees of warm and humid climates with alternation of dry and wet seasons. These trees were growing together with plants now growing in subtropical climates. During the glacial periods and through the volcanic and tectonic events of the late Eocene, at least some *Nothofagus* species migrated to other regions and became adapted to the climatic changes and today occur in the cold temperate forests, particularly in southern Chile. Therefore, the sole presence of *Nothofagus* in the tertiary sediments cannot be used as a criterion for the existence of a cold temperate climate as it is often argued. Torres (1993).

Growth Rings in the Mesozoic and Cenozoic Wood

Fossil wood is a valuable source to deduce climatic implications. A temperate climate is indicated by the presence of growth rings; their absence is a consequence of nonseasonal climate. In the Mesozoic there is evidence of the existence of a long period with climatic conditions which permitted a continuous tree growth, Francis (1986, 1996): Paleoxylological evidences for the Early Cretaceous on Snow and Livingston Islands show the little distinct rings in the fossil woods. Apparently, the trees could grow much nearer to the poles than they do today. For the Late Cretaceous the fossil woods found on Livingston Island show little distinct growth rings in the conifers, whereas in the angiosperms there are no growth rings. The climate appeared to have little or no seasonal variation. Torres and Lemoigne (1988). Torres (1990).

In the Tertiary the fossil wood shows prominent growth rings, but these are very disorderly arranged in the Eocene-Oligocene limit. The cause may be found in the glacial and interglacial periods and in the tectonic and volcanic activities in a plate margin subjected to continuous subduction at the end of the Tertiary age. Torres 1984, 1985, 199

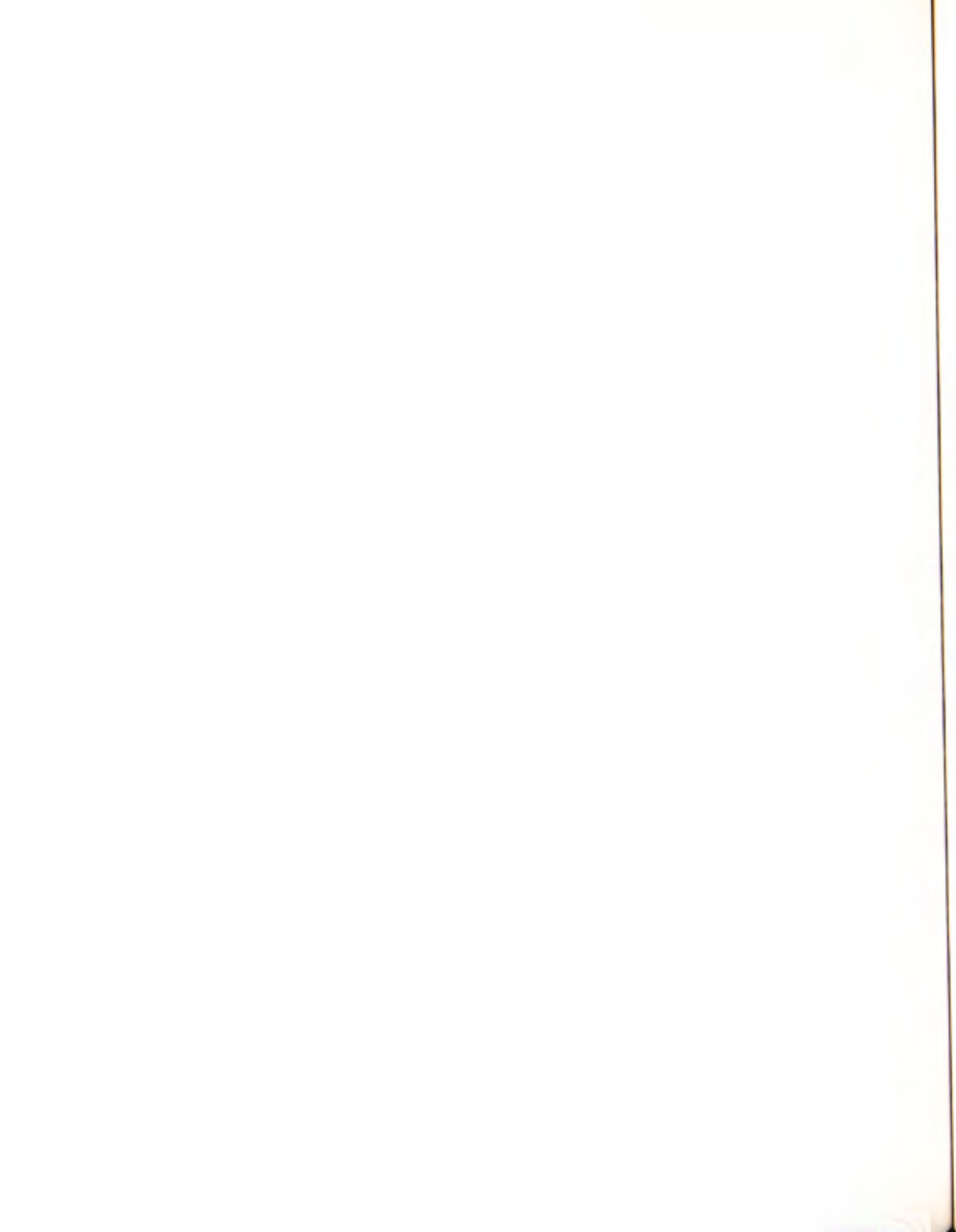
References

1. BARALE G., PHILIPPE, M., TORRES, T., and COVACEVICH, V. 1994. Triassic floras from Williams Point, Livingston Island (South Shetland Islands, Northern Antarctica). C.R. Academie Science. Paris, 319, Serie II, p. 141-147.
2. BARALE G., PHILIPPE, M., TORRES, T., and THEVENARD, F. 1995. Reappraisal of the Triassic flora from Williams Point, Livingston Island, Antarctica: systematical, biostratigraphical and palaeogeographical implications. Serie Cientifica INACH 45: 09-38, 1995
3. FRANCIS J.E. 1986. Growth rings in Cretaceous and Tertiary wood from Antarctica and its palaeoclimate implications. Palaeontology 48: 285-307.
4. FRANCIS J.E. 1996. Antarctic Palaeobotany: clues to climate change. Terra Antarctica 3 (2) 135-140.
5. TORRES T. 1984. *Nothofagoxylon antarcticus* n.sp maderas fósil del terciario de la isla Rey Jorge, islas Shetland del sur, Antártica. Serie Cientifica 31: 19-25.

6. TORRES T. 1985. Plantas fósiles en la Antártica. Boletín Antártico Chileno 5 (2): 17-31.
7. TORRES T. 1990. Etude paléobotanique du Tertiaire de îles Roi George et Seymour, Antarctique. Thèse doctorat, Lyon-I N° 247-90.
8. TORRES T. 1994. Primer hallazgo de maderas fósiles en Cabo Shirreff, isla Livingston, Shetland del Sur, Antártica. Ser. Cient. INACH 43: 31-39.
9. TORRES T. 1995. Tertiary macro and microfossils of *Nothofagus* Blume in South America and Antarctica: paleoclimatic implications. International Symposium Evolution of plants in the Geological Time, 4 pag. Nanning
10. TORRES, T., VALENZUELA, E and GONZALEZ, I. 1982. Paleoxilología de la Península Byers, isla Livingston, Antártica. Actas III Congreso Geológico Chileno, Concepción, 2, p 321-342.
11. TORRES, T., ROMAN, A., RIVERA, C., DEZA, A. 1984. Anatomía, mineralogía y termoluminiscencia de madera fósil del Terciario de la isla Rey Jorge, Islas Shetland del Sur. 3º Congreso Latinoamericano de Paleontología, Memoria: 566-574. Oaxtepec. México.
12. TORRES, T., LEMOIGNE, Y. 1988. Maderas fósiles terciarias de la Formación Arctowski, isla Rey Jorge, Antártica. Serie Científica. INACH 37: 69-107.
13. TORRES, T., LEMOIGNE, Y. 1989. Hallazgos de maderas fósiles del Cretácico Superior en Punta Williams, isla Livingston, islas Shetland del Sur, Antártica. Ser. Cient. INACH 39: 9-26
14. TORRES, T., BARALE, G., MEON, H., PHILIPPE, M., THEVENARD, F. 1997. Cretaceous floras from Snow Islands, South Shetland Islands, Antarctica and their biostratigraphic significance. In: RICCI, C. A. ed. Geological Evolution and Processes. Terra Antarctica. 1023-1028.
15. TORRES, T., BARALE, G., THEVENARD, F., PHILIPPE, M., GALLEGUILLOS, H. 1997. Morfología y sistemática de la flora del Cretácico Inferior de President Head, isla Snow, Shetland del Sur, Antártica. Serie Científica INACH 47: 59-86.
16. TORRES, T., BARALE, G., ATALA, C. 1998. Hallazgo de Neozamites (Bennettitales) en el Cretácico Inferior de la isla Snow, Shetland del Sur, Antártica. Ser. Cient. INACH 48: 09-18.
17. TORRES, T., MEON, H. 1998. *Nothofagidites* Ertman ex. Potonié dans le Paleogène de l'île Roi Georges, Antarctique. Geobios. 31 (4): 419-435.

TEMA 5

EL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL Y LA DINAMICA OCEANO-ATMOSFERA EN LAS REGIONES POLARES



Enrique G. Cordaro

Dinámica océano-atmósfera en las Regiones Polares **(Análisis de Relaciones Sol-Tierra entre Antártica y el Cono Sur del Continente Americano)**

Nuestro objetivo es estudiar las relaciones sol tierra. Al ser la tierra un planeta cautivo del sistema solar, debemos identificar las perturbaciones solares, junto con las perturbaciones interplanetarias y galácticas pasantes sobre la tierra. Analizar los efectos helioinducidos sobre el ambiente terrestre, la energía recibida por el sistema tierra, en particular su incidencia sobre meteorología y clima, efecto invernadero, nivel de actividad geomagnética, auroras, patologías clínicas y biosfera, dinámica océano-atmósfera y del ozono atmosférico.

Especialmente en las regiones polares convergen las líneas del campo magnético terrestre, cuya topología permite que las panículas de origen solar y galáctico sean guiadas y focalizadas hacia el contorno polar desde un umbral de rigidez magnética muy bajo, permitiéndonos monitorear el "tiempo" (o Clima) en el espacio interplanetario o específicamente en el contorno espacial terrestre, lo que es de gran importancia y de un valor económico inconmensurable para la humanidad.

Las inversiones de los campos magnéticos (o de polaridad) del sol tienen un periodo de más de once años, retornando a su orientación primitiva en torno a los 22 años. Estos periodos de los ciclos de desplazamiento de manchas solares están a su vez relacionados con periodos de máxima y mínima actividad solar. (Fig. 1). Debido a que las partículas del viento solar se mueven en torno a las líneas magnéticas, generando una fuerza electromotriz, en la región ecuatorial de la magnetopausa, el frente del lado oriente llega a ser un "terminal" positivo, el lado poniente uno negativo.

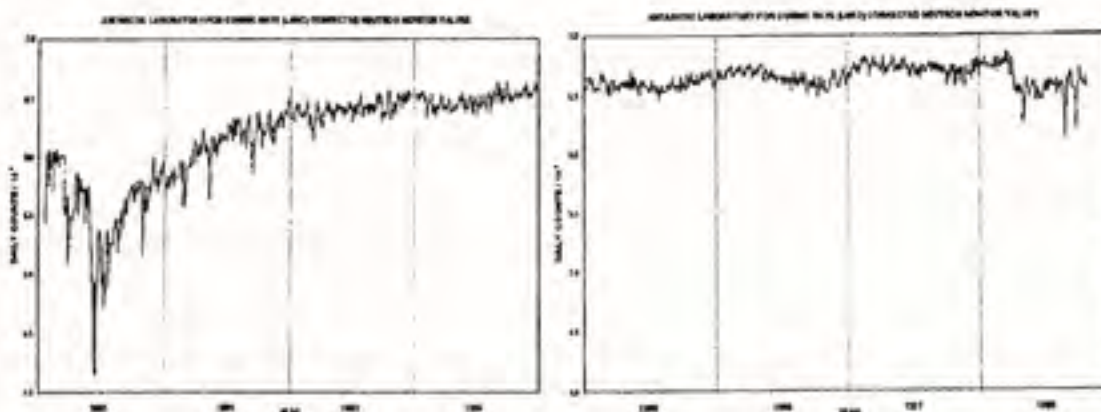


Fig. 1 Tendencia de componente nucleónica mensual registrada entre 1991 y 1998 en el Laboratorio Antártico de Radiación Cósmica. En 1991 muestra el inicio de la disminución de la máxima del ciclo solar N° 22, hasta su periodo de mínima en enero de 1997, e inicio del ciclo solar N° 23 con un periodo de máximas a contar de mayo de 1997.

Estas características de los parámetros de "Clima solar" juegan un rol significativo sobre todo tipo de paniculas y sus energías. Ligados a estos conceptos tenemos los denominados Flares solares, (no siempre) presentes en las prominencias activas o filamentos en regiones particulares del sol, insertando en el bombardeo de partículas una componente más energética, generalmente denominada protones relativistas solares.

Fenómenos como los descritos van acompañados (la mayor parte de las veces) por variaciones o decrecimientos Forbush, es decir, al ocurrir una explosión en una determinada región solar, se expulsa plasma de muy alta velocidad, el cual se superpone al viento solar normal y crea una onda de choque al incidir en las líneas de fuerza magnética. Es un "cuello de botella" y actúa como un muro de contención de las paniculas galácticas de los rayos cósmicos. Aquí es donde nosotros vemos la disminución súbita de la intensidad de los rayos cósmicos, no siempre asociado a tormentas magnéticas, y su recuperación en los días sucesivos. Todos estos fenómenos solares inyectan gran cantidad de energía en el sistema tierra.

Presentamos una primera evaluación del primer OLE (protones relativistas 6.11.1997) del periodo actual de máxima solar N° 23, registrado en Antártica y no visto en Santiago.(Fig. 2). El Laboratorio Antártico está sometido a un corte de rigidez magnética de 3 0eV, y el Laboratorio de Santiago a un corte de rigidez de 11,02 0eV. Además se presenta una muestra de los decrecimientos de Forbush registrados en agosto y septiembre de 1998 en ambos laboratorios, estimaciones de energías involucradas y parámetros de "Clima espacial" que afectan al sistema tierra.

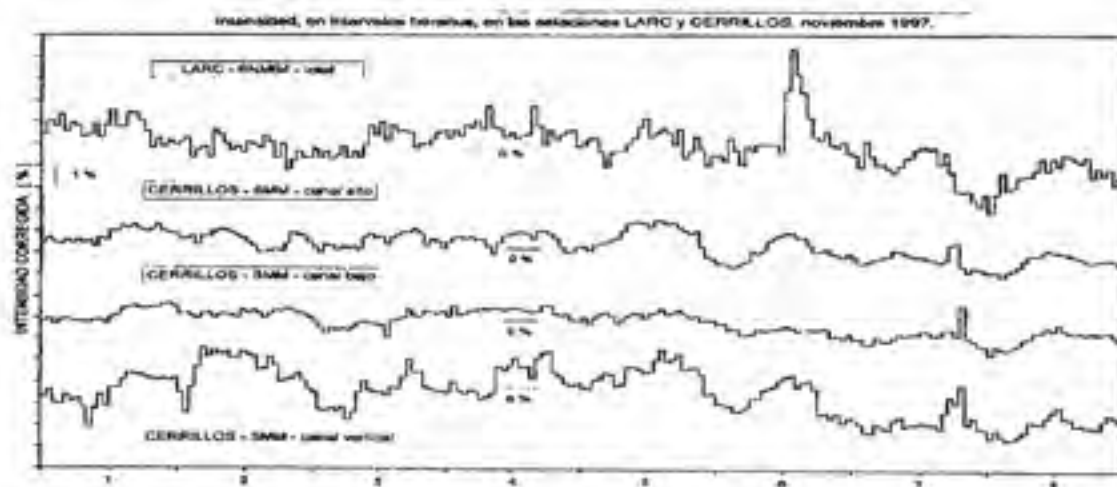


Fig. 2. OLE del 6 de noviembre de 1997 (periodo de máxima solar) registrado en Antártica (LARC) y No visible en Santiago (LSRC), salvo una pequeña indicación en el canal vertical del Telescopio de Muones.

El evento OLE es un gran aumento en la intensidad de los rayos cósmicos específicamente de rayos cósmicos relativistas solares que inciden sobre el contorno terrestre, generalmente afectan a detectores de altas latitudes, con cut-off menores a 5 (0eV), y su capacidad está relacionada con el máximo de energía adquirida por las

panículas en una llamarada solar, ellas son eyectadas al medio interplanetario a lo largo de las líneas de campo magnético solar.

El OLE del 6 de noviembre de 1997 se da en el inicio de un periodo de máxima solar, los efectos de presión atmosférica han sido eliminados usando un coeficiente barométrico de -0.74 (%/hPa) [bPa = hectoPascal], a un nivel de presión de 980 (tiPa), los datos son presentados en % relativo con relación al valor promedio de 23173.58 (conteos/5 minutos) obtenido de una muestra de 2304 datos entre el 1º y 8 de noviembre de 1997. Para el LSRC: Coeficiente de Atenuación 0.20 (%/ hPa), con un nivel estándar de Presión de 950 (bPa). Corte de rigidez Geomagnética 11.02 (0eV). Muestra de 2304 datos y con un valor medio de 289.460 (conteos/hora), para igual periodo. (-0.74 % / hPa, significa que el chubasco de partículas secundarias (neutrones) disminuye en 7 partículas por cada mil por cada tipa o mb de variación en la presión atmosférica, para muones son 2 por cada mil por cada hPa de variación).

Las estaciones de medición utilizadas son: el Laboratorio Antártico para Radiación Cósmica (LARC), localizado en isla Rey Jorge, bahía Fildes, a una altura de 40 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son $62^{\circ} 12' 09''$ Sur y $58^{\circ} 57' 42''$ Oeste. El LARC consta de un monitor de neutrones estándar 6-NM-64 para detectar la componente nucleónica de la radiación cósmica, obtenida de tres secciones o canales, cada una de dos tubos contadores proporcionales de BF₃, de un diámetro de 15 cm y 212 cm de largo. Su corte de rigidez magnética es de 3.0 G~V. El Laboratorio de Radiación Cósmica "Los Cerrillos" (LSRC), localizado en Santiago, a 570 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son: $33^{\circ} 27'$ Sur y $70^{\circ} 36'$ Oeste; su corte de rigidez magnética es de 11.02 (0eV). El LSRC consta de un Telescopio Multidireccional de Muones para detectar la componente dura o de muones, tiene dos niveles con cuatro detectores separados por una capa de plomo. Los detectores son utilizados como cuatro telescopios en direcciones Sur, Norte, Este y Oeste con relación al cenit, más radiación blanda, dura y de coincidencias. Su geometría es cúbica (2 x 2 x 2 metros), además de detectores de variables meteorológicas e internas.

Junto a la información del LARC y LSRC usaremos como referencias cruzadas los datos obtenidos en la página WWW del Monitor de Neutrones de Moscú (Geog Lat $55^{\circ} 47'$ N. Geog. Long $37^{\circ} 32'$ E Altitud 200 m.s.n.m. Cut-off 243 GV). y datos del Monitor de Neutrones de Clima (Geog. Lat.: $39^{\circ} 37'$ N. Long.: $25^{\circ} 38' 2''$ E Altitud: 3400 m.s. n. m. Cut-off 2.34 GV), ambos presentados en una escala de tiempo de cinco minutos. Este conjunto de estaciones nos permite una visión global del evento.

Para el LARC (y Climax) el aumento de la intensidad nucleónica se inicia a las 12.00 Horas TU. Las prominencias y filamentos tipo BSD en la región 8100 del sol con latitud $5^{\circ} 18'$ y CMD Oeste 63, están asociadas con un flare que se inicia a las 11.53 horas U.T., con un retardo de aproximadamente siete minutos en su detección a tierra, además se observa un flare solar Fi-a tipo 2B con un máximo a las 11.56 horas TU., similar al primer grupo en todos los tipos de radio emisiones presentan retardos cercanos a los 8 y 9 minutos en su detección en los monitores de neutrones a tierra y en concordancia directa a las 12.00 horas TU, con el DST preparado por Kyoto.

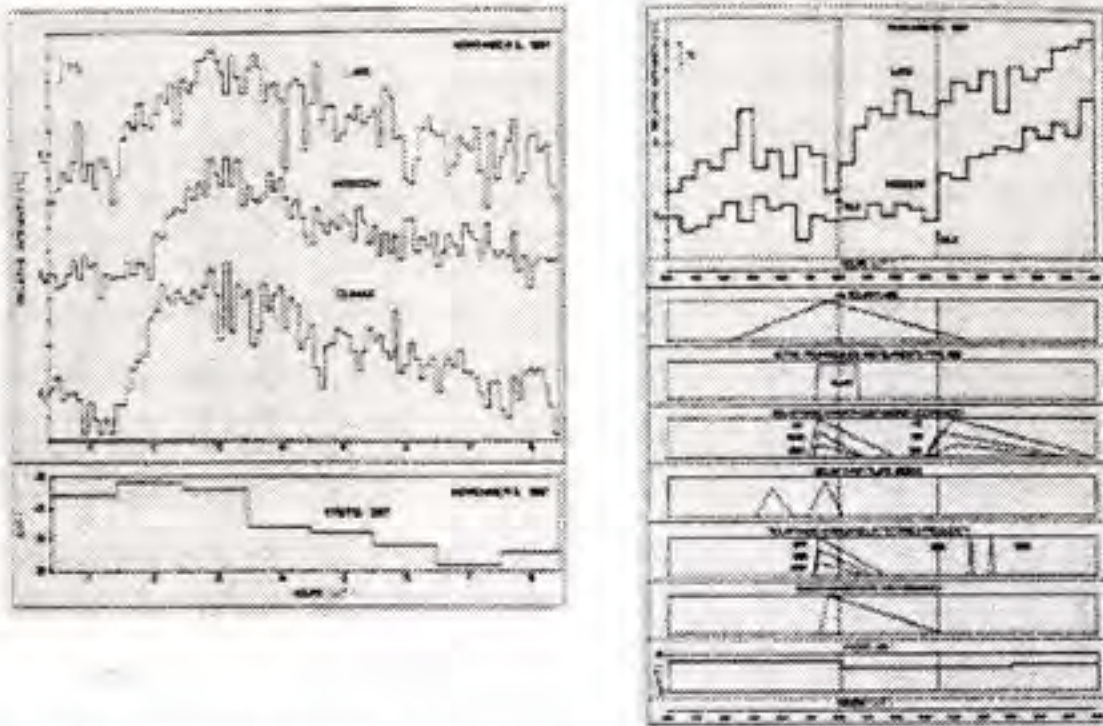


Fig 3. Comparación de los eventos OLE detectados por monitores terrestres en LARC, Moscú y Climax. La ilustración al fondo muestra los datos DST para el mismo evento preparado por Kyoto. Figura Derecha Presenta en su parte superior el aumento de intensidad de la componente nucleónica en el LARC y en Moscú. Moscú con un retraso de 30 minutos con respecto al LARC. Segunda parte de la figura muestra las variables espaciales y sus relaciones con el inicio y la duración del evento solar para ambas estaciones. Estas son magnificadas con líneas verticales.

El detector de neutrones de Moscú muestra el incremento de la componente nucleónica a las 12.35 horas TU. con un retardo de 30 minutos con respecto a las estaciones LARC y Climax, y su detección está de acuerdo con un segundo grupo de eventos de emisiones radio solares con destacadas frecuencias y frecuencias fijas escogidas. Es interesante observar a las 11.53 horas T.U. el inicio de una repentina alteración ionosférica, la cual finaliza a las 12.36 horas TU., sugiriendo otro tipo de relación con el OLE detectado por el Monitor de Neutrones de Moscú. Las Figuras 2 a y 2 b ilustran el contraste de los perfiles del evento OLE detectados en los monitores de neutrones del LARC y Climax y de Moscú y LARC.

Basados en las observaciones dadas, hemos resumido y clasificado en dos grupos las más significativas mediciones sobre clima espacial para el evento de noviembre de 1997 del ciclo solar nº23 obtenidas por diferentes estaciones y vehículos espaciales.

•Primer Grupo. En general comienzan en torno a las 11.49 a :11.53 frs. TU., e incluye en primer lugar la prominencia activa con llamarada asociada (11.53 T.U3). Llamareda solar de rayos X con inicio a las 11.49 TU, y máximo a las 11.55 TU. Observamos un significativo grupo de mediciones de emisiones radio solares, con destacadas frecuencias y frecuencias fijas escogidas en el evento observado, con una inicial evolución de 11.49 a 11. 51 hrs TU, con duraciones entre 18.0 a 25 minutos. Todos estos eventos muestran un máximo a las 11.53 TU. Un comportamiento similar es observado para emisiones radio

solares en observaciones espectrales clase IV con inicio a las 11.52 TU. (Figura 3 derecha).

En la alteración ionosférica observamos que estos eventos se inician a las 11.53 TU., finalizando a las 12.36 TU., están asociados con llamaradas iniciadas a las 11.49 TU., y con el ecuatorial DST, el cual está correlacionado con el inicio del evento a las 12.00 TU.

•Segundo Grupo. Comprende la prominencia activa no asociada con Flares o llamaradas. Vemos claramente un segundo grupo de medidas referentes a radio emisión solar, para frecuencias destacadas, con evolución inicial entre las 12.30 y las 12.31 TU., con un tiempo de duración entre 42.0 a 59.0 minutos. Para este grupo de eventos con selectas frecuencias fijas, la observación y los disturbios repentinos ionosféricos permanecen sin alteraciones, lo cual también es válido para el DST ecuatorial.

Observemos a continuación los rasgos característicos de los Decrecimientos Forbush correspondientes al 26 de agosto de 1998 y al 25-26 de septiembre de 1998, detectados en el LARC Antártica y en Santiago, Cono Sur de América.

El decrecimiento Forbush es una repentina reducción de la intensidad de los rayos cósmicos, generalmente del orden del 5% producida en un lapso de tiempo que va desde pocas horas hasta dos días. El fenómeno tiene una lenta recuperación, la cual se puede extender por un periodo de varios días hasta algunas semanas. Este evento es universal en el tiempo, por lo cual su efecto y detección sobre la tierra debe ser casi simultáneo en ella, sin embargo anisotropías espaciales pueden producir asimetrías temporales. Variaciones de su intensidad están asociadas muchas veces con tormentas magnéticas y generalmente para ambos casos el decrecimiento es observado uno o dos días después de un Flare solar, su retardo es debido al tiempo de tránsito del plasma eyectado hacia la tierra por la llamarada. La superposición de varios decrecimientos Forbush da origen a la denominada tormenta de rayos cósmicos.

26 de agosto de 1998

LARC: Coeficiente de Atenuación 0.74 (0% hPa, [hectoPascal]), con un nivel estándar de presión de 980 (hPa). Corte de rigidez Geomagnética 3.0 (0ev). Muestra de 743 datos horarios. Días 213 a 243. Intensidad corregida por presión. Valor medio 270.729 (conteos/hora). Día 238. Decrecimiento Forbush, con dos mínimos: a las 10 Hrs. (TU.) con 248.314 (conteos/hora), con una variación porcentual —8.28 % dr a valor relativo 0 %, y a las 23 hrs. (TU) con 247.520 (conteos/hora), con una variación porcentual de intensidad corregida por presión — 8.57 %. dr a valor relativo 0 %. Tiempo de recuperación 5 días. Figura 4. Zona superior.

LSRC: Coeficiente de Atenuación 0.20 (%/ hPa), con un nivel estándar de Presión de 950 (hPa). Corte de rigidez Geomagnética 11.02 (0eV). Muestra de 743 datos horados. Días 213 a 243. Intensidad corregida por presión: Valor medio 299.970 (conteos/hora). El Decrecimiento Forbush presenta dos mínimos: Día 238 a las 10 hrs. (TU.) con 288.789.8 (conteos/hora) y una variación porcentual de intensidad corregida por presión — 3.73 % dr a valor relativo 0 %. El día 239 presenta a las 02 hrs. (T.U.) un conteo de 292.611 partículas en la hora, con una vanación porcentual de intensidad corregida por presión — 2.45%. dr a valor relativo 0 %. Esta disminución se observa muy atenuada, Tiempo de recuperación 2 días. Figura 4. Zona inferior.

En Antártica y Santiago aparentemente se manifiestan variaciones de su intensidad previas al decrecimiento que son observados uno o dos días después de un Flare solar, su retardo es debido al tiempo de tránsito del plasma eyectado hacia la tierra por la llamarada (EMC), en nuestro caso para el LARC aparentemente el decrecimiento de intensidad previo es observado el día 235(26.08,1998) su conteo es del orden de las 260.343 partículas en la hora y su variación porcentual es de -3.84% dr a valor relativo 0%. Para Santiago está presente el día 236 a las 07 hrs (T.U.) con un valor mínimo de 299.105.9 conteos la hora y una variación de intensidad porcentual de $-0,62\%$. (Figura 4.)

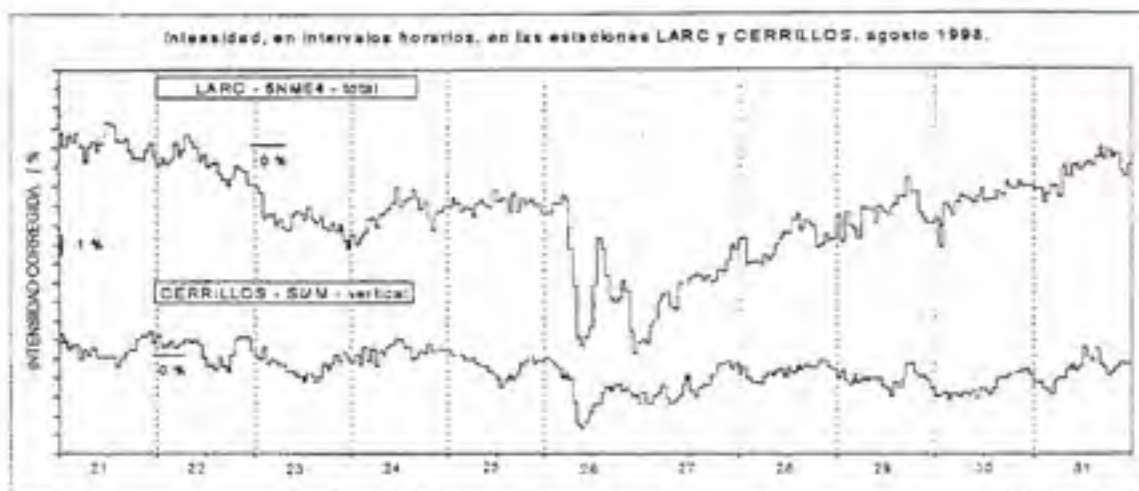


Fig. 4. Decrecimiento Forbush registrado en Antártica y Santiago el día 26 de agosto de 1998. Previsio aparente día 23 de Agosto de 1998.

25-26 de septiembre de 1998.

LARC: Coeficiente de Atenuación: $0.74 (\% / \text{hPa})$ con un nivel estándar de Presión de 980 (hPa). Muestra de 743 datos horarios. Días 244 a 273. Intensidad corregida por presión valor medio 273.331,8 (conteos/hora).

Corte de rigidez Geomagnética 3.0 (0eV). Día 268. Decrecimiento Forbush, variación porcentual máxima de Intensidad corregida por presión $-8,31\%$ dr a valor relativo 0%. Valor mínimo 250.814 (conteos/hora).

Hora 19 (U.T.) Tiempo de recuperación 5 días. Figura 5 zona superior.

LSRC: Coeficiente de Atenuación $0.20 (\% / \text{hPa})$ con un nivel estándar de presión de 980 (tiPa). Corte de rigidez Geomagnética 11.02 (0eV). Muestra de 743 datos horarios. Días 244 a 273 Intensidad corregida por presión valor medio 335.000 (conteos/hora). Variación porcentual máxima $-3,9\%$ dr a valor relativo 0%. Tiempo de recuperación dos días. Figura 4 zona inferior.

En LARC y LSRC se observa la superposición de varios decrecimientos Forbush (tres y dos depresiones significativas para LARC y LSRC respectivamente) lo cual se clasifica como tormenta de rayos cósmicos. Generalmente estas variaciones de su intensidad están asociadas con tormentas magnéticas. En estos eventos no se observa un decrecimiento

previo asociado, lo cual muestra una diferencia significativa con el decrecimiento de agosto de 1998. Figura 5.

Debemos hacer notar que la carencia de información en el sector del cono sur americano y Antártica sobre las direcciones de llegada de partículas y la determinación de energías envueltas en los particulares eventos solares y galácticos de especial



Figura 5. Superposición de Decrecimientos Forbush o Tormenta de Rayos Cósmicos registrados en Antártica y Santiago los días 25 y 26 de septiembre de 1998.

relevancia nos impedía intentar comprender los procesos físicos, químicos y biológicos, tanto naturales como antropogénicos responsables de la evolución de la tierra en todas las escalas y el poder desarrollar actividades económicas, estratégicas y de desarrollo, sin depredar el medio ambiente, con mínimo impacto para las generaciones futuras.

Hoy en día NASA por medio de su Departamento Ciencias de la Tierra, propone estudiar estas variables, el ciclo solar, los periodos de máxima y mínima, las partículas, los campos magnéticos, y sus relaciones, por ejemplo, con la estratosfera inferior de la tierra (9 a 24 Km. sobre el nivel del mar) en donde sus temperaturas son frías y estables, ligando en un llamado proceso de etapas múltiples asociado con las partículas eléctricamente cargadas y expulsadas por el Sol, las cuales intensifican el viento solar. Figura 6.

Estas partículas en contacto con el campo magnético (y la alta atmósfera) de la tierra inician una cascada de iones de baja energía (chubascos de rayos cósmicos de baja energía) que chocan con las gotas de agua que forman las nubes altas. Al transformarse en hielo, las nubes se vuelven más pequeñas, reflejando una menor energía solar, por ende con un aumento de la temperatura global, sin olvidar que las gotas de lluvia con el paso de estas partículas son polarizadas, produciéndose diferencias de potencial entre ellas y la

tierra, además de otros fenómenos. Así lo hemos indicado en las publicaciones generadas por nuestro equipo de investigación en los últimos diez años. Figura 6.

Encontrándose el LARC (Laboratorio Antártico para la Radiación Cósmica) en la zona de convergencia antártica, las causas y efectos producidos en el (los) continente(s)



Figura 6. Principales formas en que la energía de las partículas primarias galácticas o solares se propagan a través de la atmósfera (su componente dura penetra la tierra), dando origen a las componentes secundarias de rayos cósmicos, también conocidos como cascada de rayos cósmicos secundarios.

sudamericano (otros) y el antártico pueden ser estudiados, además de los fenómenos de transición entre la fase sub-polar y polar. Su ubicación es óptima para los estudios solares.

Su ligazón o correlación con los laboratorios de zonas medias (Santiago) y ecuatorial (Putre, en etapa de concreción) nos permiten estudiar la penetración de partículas energéticas y radiación desde el sol que producen un gran ingreso de energía al sistema tierra. Estas variables que afectan significativamente el clima terrestre nos obligan a analizar los parámetros atmosféricos de cada lugar de medición para conocer su entorno y ligazones con las otras variables espaciales para un estudio global del sistema tierra.

Analizamos en tiempo real las valoraciones de estos parámetros y pensamos que si utilizamos nuestros detectores con otras configuraciones se podrán detectar variaciones de tipo antropogénicas generadas por reactores o bombas nucleares en la atmósfera, permitiendo ampliar nuestro sistema de vigilancia científico -tecnológica en aspectos medio-ambientales concernientes a esta área del Hemisferio Sur y en especial al territorio chileno.

Referencias

DORMAN, LI. Variations of Cosmic Rays, Gostekhizdat, Moscow 1957.

E.G. CORDARO, M. STORINI, E. JOHNSON, E. OLIVARES: LARC- Investigación espacial y atmosférica en Antártica, Conferencia Latinoamericana: Ciencias Espaciales e da Atmósfera na Antártica, Transec Editorial, S. Paulo, p. 193-208, 1996

CORDARO, E.G., JOHNSON, E.R., STORINI, M. 1992. A Neutron Monitor on King George Island. Geofísica Internacional. 1992. Vol. 31, N° 1, pp. 79-87. (Index. ISSN 0013-7169)

CORDARO, E.G., STORINI, M. 1992. Cosmic Ray Measurements in Antarctica during the International Solar Terrestrial Energy Program. II Nuovo Cimento. Vol. 15 C. N° 5. Settembre-Ottobre 1992. pag. 539-545. Serie CNR. IFSI-90-40. Diciembre 1990 "Chilean Antarctic"

Solar Geophysical Data December 1997. p. 4640. Pan. I. Solar Geophysical Data January 1998. N° 641 Pan. II.

JUAN ROEDERER. Solar Variability Effects on Climate. Workshop on Solar Output and Climate during the Holocene. Bologna, Italy, April 1-3, 1993.

STORINI M., SMART D.F., SHEA M.A., and CORDARO E.G., 1995. Cosmic Ray Asymptotic Directions for Chilean Neutron Monitors. Proc. On the 24 mt. Cosmic Rays- Conference. Vol. 4. Sh. Pag 1074-1077. Roma. Italy. Sept. 1995.

STORINI, M., CORDARO, E.G.; Italia/Chile Collaboration for LARC. II Nuovo Cimento C, Vol. 20 C N. 6 November-December 1997.

Anelio Aguayo-Lobo, Jorge Acevedo Ramírez, Daniel Torres Navarro

¿ Alcanzaría a manifestarse “El Niño Oscilación Austral” (ENOS) 1997 / 1998 en el ecosistema antártico?

Resumen

El objetivo del presente trabajo es presentar algunas evidencias de variación ambiental, obtenidos durante dos campañas antárticas de invierno, junio de 1996 y junio de 1998, que estarían indicando la presencia del efecto de El Niño 1997/1998 en el estrecho Bransfield, Antártica, hasta junio de 1998.

Se analizan la temperatura del aire, la temperatura superficial del mar y la extensión del hielo marino en el estrecho Bransfield, así como la posición geográfica y ancho de la Convergencia Antártica en el Paso Drake y la distribución de la fauna de mamíferos de ambos lugares, durante las dos campañas.

Se concluye que las diferencias encontradas en el año 1998 se podrían interpretar como una posible consecuencia de la presencia del fenómeno El Niño de 1997 / 1998.

Abstract

The aim of the present paper is to show some evidences obtained from environmental different data registered during two winter antarctic cruises (June 1996 and June 1998) which would indicate as far as June 1998 the presence of positive thermic anomalies in the Bransfield Strait, Antarctica.

The air temperature, superficial sea water temperature and the extension of sea- ice in the Bransfield Strait, and in the Drake Passage, the geographic position and the width of the Antarctic Convergence, as well as the different distribution of marine mammals species in both places, during two antarctic cruises are compared. It is concluded that, the differences found in 1998 winter would be inferred as a possible consequence of the influence of El Niño 1997 – 1998 phenomenon.

Introducción

Hasta la fecha hemos tenido la oportunidad de participar en cuatro campañas antárticas de invierno: agosto y septiembre de 1993 a bordo del R/V “Nathaniel Palmer” de la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos y julio- agosto de 1994 a bordo del AP 45 “Piloto Pardo” de la Armada de Chile (Aguayo- Lobo, 1994). Junio de 1996 a bordo del AP 46 “Contralmirante Oscar Viel Toro” de la Armada de Chile (Aguayo- Lobo, 1996) y junio de 1998 a bordo del mismo AP 46 (Aguayo- Lobo y Acevedo 1998).

En esta última campaña, basados en el hecho que no se encontró hielo marino al norte y sur de las islas Shetland del Sur y que las cinco especies de pinipedios registrados sólo se encontraron sobre los hielos adyacentes a la Rada Covadonga, Península Antártica, nos permitió hipotetizar que en el invierno de 1998 se estaban presentando anomalías térmicas positivas en el estrecho Bransfield, como posible consecuencia del fenómeno El Niño 1997 / 1998. (Torres *et al.*, 1998; Aguayo-Lobo, 1998).

Lamentablemente, no se pudo realizar la campaña de invierno en 1997 (Año "El Niño"), cuando se pudieron haber presentado las primeras anomalías térmicas, según nuestra hipótesis de trabajo en el área de estudio.

En consecuencia, el objetivo de esta contribución es mostrar evidencias de algunas anomalías ambientales y biológicas que se presentaron en el área durante ese invierno, como posible manifestación del fenómeno El Niño 1997/1998.

Metodología

En la Figura 1 se muestran las rutas de las navegaciones realizadas a bordo del AP 46 "Contralmirante Oscar Viel Toro" de la Armada de Chile, durante las Campañas de invierno: 03 al 21 de junio de 1996 y 11 al 20 de junio de 1998.

Las aguas del Paso Drake se navegaron hacia la Antártica en 1996 los días 6 y 7 de junio y desde la Antártica los días 17 y 18 de junio. En 1998 dichas aguas se navegaron hacia la Antártica los días 12 y 13 de junio y desde la Antártica los días 17 y 18 del mismo mes.

En el estrecho Bransfield se trabajó entre los días 8 y 17 de junio en 1996 y entre el 14 y 17 de junio en 1998.

Durante ambas campañas se registraron las temperaturas secas del aire y la temperatura superficial del agua de mar, así como la presencia de hielo marino y de la fauna de mamíferos marinos. Como datos complementarios, se usaron los registros de temperatu-

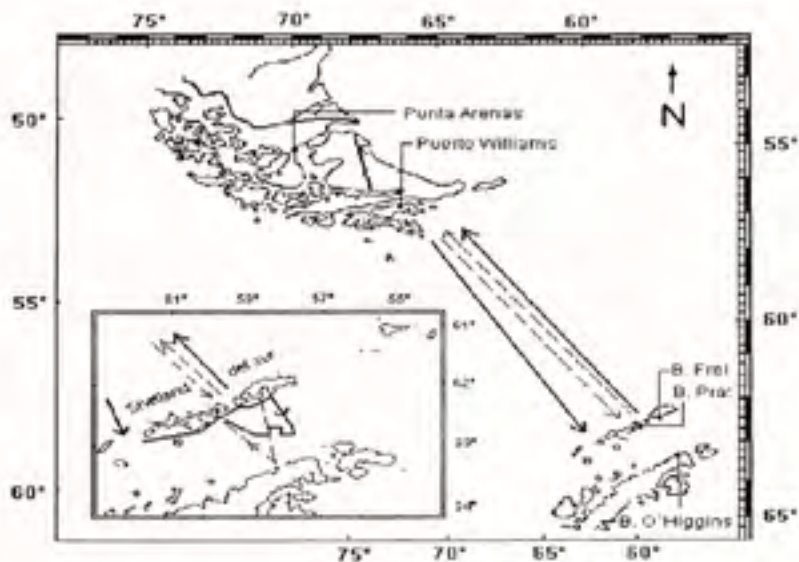


Fig. 1. Mapa esquemático de las navegaciones durante junio de 1996 (línea continua) y 1998 (línea segmentada)

ra superficial del mar provenientes de las imágenes satelitales obtenidas por la NOAA / PMEL TEMP, correspondientes a los días de junio de ambas campañas, cuando se detectó la Convergencia Antártica, hacia y desde la Antártica (ver Aguayo- Lobo *et al.*, 1998).

Resultados y Discusión

Temperatura del aire en el estrecho Bransfield

En la Figura 2 se muestran los valores promedios de las temperaturas del aire obtenidas durante las dos campañas antárticas de invierno, 1996 y 1998.

Se observa en la Figura 2 que el rango de la temperatura en el estrecho Bransfield fluctuó de -2° Celsius a $+1.5^{\circ}$ C, en junio de 1998, mientras que en 1996 lo hizo entre -13° Celsius a $+4^{\circ}$ C. Así la temperatura del aire en el estrecho Bransfield en el año 1996 fue 11° Celsius más baja y significativa ($U = 86,5$ p. $< 0,001$) que en el año 1998, indicando claramente una anomalía térmica positiva para este último año. (Aguayo- Lobo *et al.*, 1998).

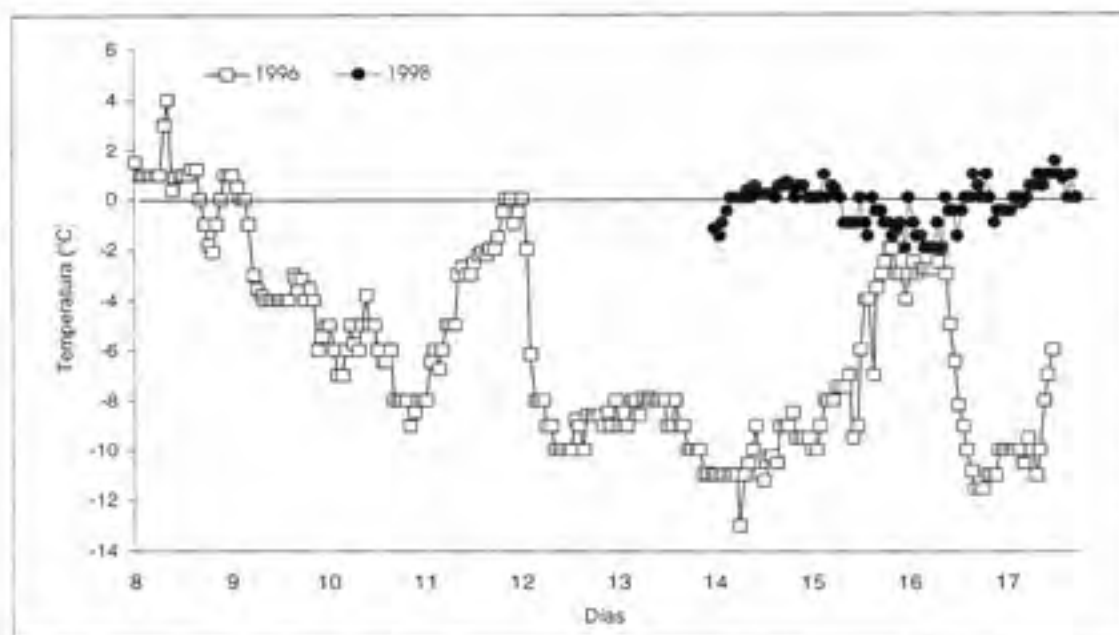


Fig. 2. Temperatura del aire en el estrecho Bransfield durante la primera y segunda campaña de invierno.

Convergencia Antártica.

La Convergencia Antártica o Frente Polar es una franja de unos 40 Km. de ancho promedio en la que existe una gradiente horizontal de temperatura que separa las masas de agua subantárticas de las antárticas y constituye en si un ecosistema. Su posición latitudinal varía desde los 55° Sur a los 62° Sur, dependiendo su ubicación o posición, del tiempo (día, semana, mes, año) y del espacio (longitud geográfica).

Así por ejemplo, en la Figura 3 se muestra la posición geográfica de la Convergencia Antártica en el Paso Drake, durante las dos travesías realizadas en junio de 1998.

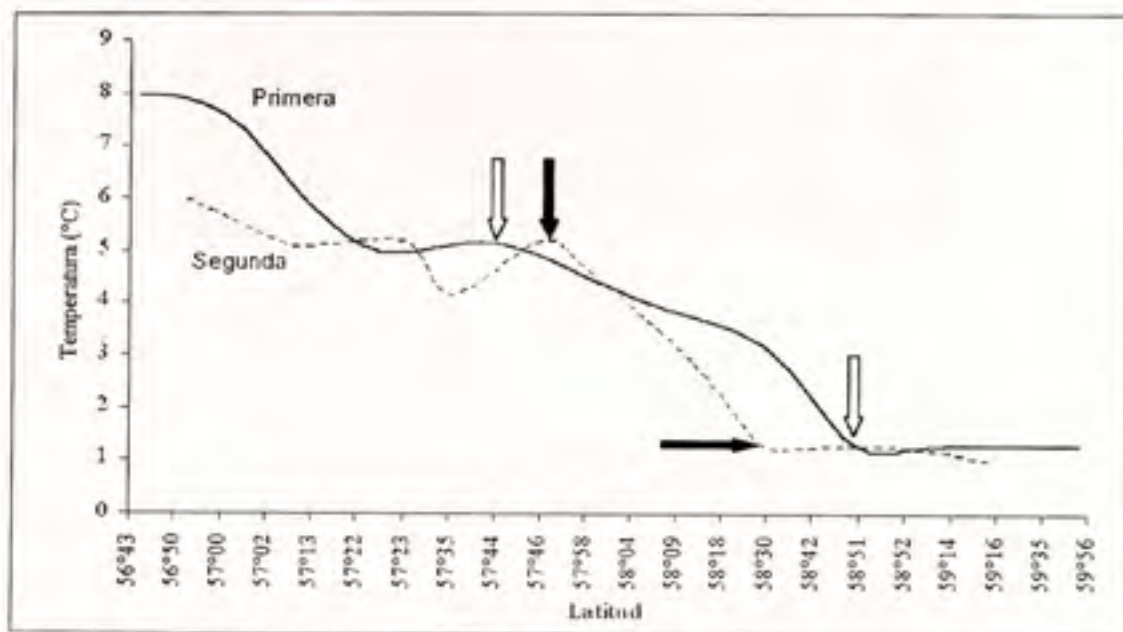


Fig 3. Localización de la Convergencia Antártica sobre la base de la temperatura superficial del mar registrada en el paso Drake durante los días 12 (primera travesía) y 18 (segunda travesía) de junio de 1998.

En la travesía hacia la Antártica (12- 06), las aguas antárticas se manifestaron a partir de los 58°51' Sur en los 63°56' W, con una temperatura de +1° Celsius. Su amplitud habría sido de unas 67 millas. En la travesía desde la Antártica (18- 06) los valores correspondientes fueron 58°30' Sur en los 63°27' W, con una temperatura de + 1° Celsius. Su amplitud habría sido de unas 46 millas.

En las Figuras 4 y 5 se muestran las temperaturas superficiales del agua en el paso Drake, obtenidas de las imágenes satelitales de la NOAA- PMEL TMAP de los Estados Unidos, correspondientes a los días 07- 06 (primera travesía) y 18- 06 (segunda travesía) en junio de 1996.

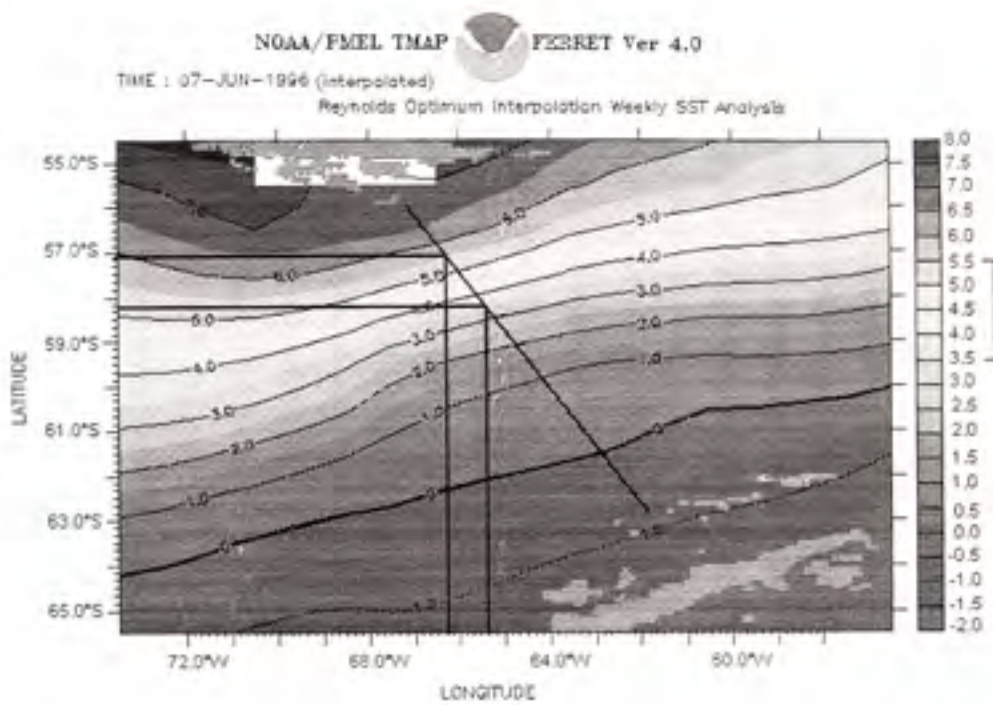


Fig. 4. Ubicación de la Convergencia Antártica en la primera travesía correspondiente a junio de 1996.

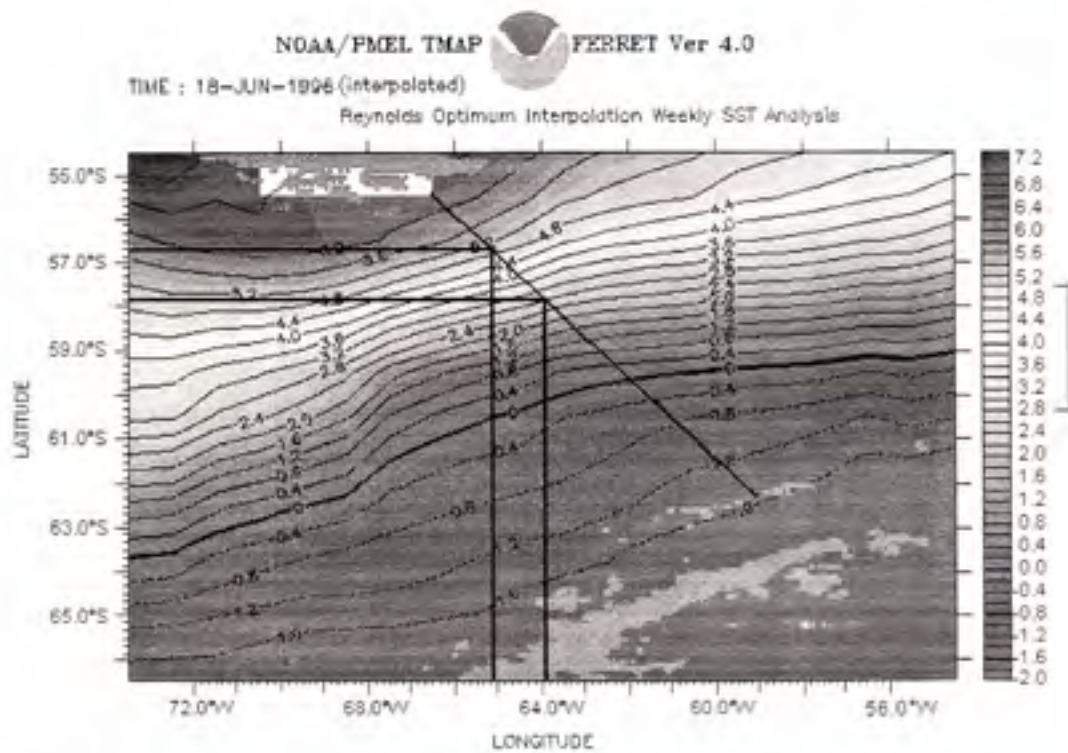


Fig. 5. Ubicación de la Convergencia Antártica en la segunda travesía correspondiente a junio de 1996.

Las aguas antárticas se manifestaron en la primera travesía de 1996 a partir de los 58°15' Sur en los 65°20' W (Fig. 4), con una temperatura de + 3.50 Celsius. Su amplitud habría sido de unas 65 millas. En la segunda travesía (Fig. 5) los valores correspondientes fueron 57°50' Sur en los 63°55' W, con una temperatura de + 2.8° Celsius. Su amplitud habría sido de unas 70 millas. (Aguayo-Lobo *et al.*, 1998).

De lo anterior se aprecia que la Convergencia Antártica el día 18 de junio de 1996 se localizó 40 millas más al norte que el 18 de junio de 1998. Además, la amplitud de la Convergencia Antártica fue mayor (70 millas) el 18 de junio de 1996 comparada con la amplitud (46 millas) del 18 de junio de 1998. La explicación más probable de esta diferencia de posición geográfica más sureña y de una amplitud menor de la Convergencia en el año 1998, sería la manifestación de ondas de temperaturas más cálidas provenientes del norte, como una posible consecuencia del fenómeno El Niño 1997 / 1998 durante el verano, desplazando a la Convergencia Antártica hacia el sur (Aguayo Lobo, 1998; Aguayo- Lobo y Acevedo, 1998; Torres *et al.*, 1998).

Hielo marino

Otra evidencia de las diferencias entre ambas campañas de invierno 1996 (año pre El Niño) comparada con la 1998 (año post El Niño) fue la cantidad y espesor del hielo marino encontrado en el estrecho Bransfield (Cuadro 1).

En el Cuadro 1 se aprecia que el borde del hielo marino en la primera campaña (1996) se encontró a unas 38 millas de la costa sur de la isla Rey Jorge, con un espesor medio de 48,9 cm, mientras que en la campaña de 1998 se ubicó a 25 millas más al sur, con un espesor de 22,5 cm.

Cuadro 1. Límite y espesor del hielo marino encontrado en el estrecho Bransfield en junio de 1996 y 1998

	Junio de 1996	Junio de 1998
Límite Norte	62°50'S; 58°52'W	63°15'S; 58°00'W
Espesor promedio (centímetros)	48,9	22,5
Espesor máximo (centímetros)	220	40

Fauna Antártica de Mamíferos Marinos

Los registros de las especies de mamíferos marinos se agrupan en tres regiones geográficas (Cuadro 2). El número total de ejemplares durante junio de 1996 ascendió a 113, de los cuales 100 correspondieron a pinnípedios y 13 a cetáceos; y durante junio de 1998 ascendió a 385, de los cuales 383 correspondieron a especies de pinnípedios y sólo 2 a cetáceos.

Cuadro 2. Especie y número de ejemplares de mamíferos marinos observados en junio de 1996 y 1998, agrupados en las tres regiones navegadas: canales australes (CA), paso Drake (PD) y estrecho Bransfield (EB).

Especie	Nombre común	Campaña 1996				Campaña 1998		
		CA	PD	EB	Total	CA	PD	EE
CETACEA								
1. <i>Cephalorhynchus commersonii</i>	Tunina overa	2	---	---	2	---	---	---
2. <i>Lagenorhynchus australis</i>	Delfín austral	5	---	---	5	---	---	---
3. <i>Lagenorhynchus cruciger</i>	Delfín cruzado	---	2	---	2	---	---	---
4. <i>Hyperoodon planifrons</i>	Hiperodonte del sur	---	2	---	2	---	---	---
5. <i>Physeter catodon</i>	Cachalote	---	---	---	0	---	1	---
6. <i>Balaenoptera bonaerensis</i>	Ballena minke austral	---	---	2	2	---	---	1
Subtotal		7	4	2	13	0	1	1
PINNIPEDIA								
7. <i>Otaria flavescens</i>	Lobo marino común	13	---	---	13	80	---	---
8. <i>Arctocephalus australis</i>	Lobo fino austral	2	---	---	2	---	---	---
9. <i>Arctocephalus gazella</i>	Lobo fino antártico	---	3	22	25	---	---	18
Subtotal		15	3	22	40	80	0	18
10. <i>Lobodon carcinophagus</i>	Foca cangrejera	---	---	36	36	---	---	1
11. <i>Hydrurga leptonyx</i>	Foca leopardo	---	---	12	12	---	---	93
12. <i>Leptonychotes weddellii</i>	Foca de Weddell	---	---	7	7	---	---	19
13. <i>Mirounga leonina</i>	Foca elefante	---	---	---	0	---	---	2
14. Focas no identificadas		---	---	5	5	---	---	---
Subtotal		0	0	60	60	0	0	11
Total		22	7	84	113	80	1	30

Cetáceos

Durante junio de 1996 se registraron dos especies de cetáceos en los canales australes desde Punta Arenas hasta el Cabo de Hornos 56°10' Sur, correspondientes a 2 ejemplares de tuninas overas, *Cephalorhynchus commersonii*, en los 53° 10' Sur; 70°54' W y a 5 delfines australis, *Lagenorhynchus australis*. Se avistaron 2 individuos en los 53° 57' Sur; 70°50' W y 3 en los 55°35' S; 67°20' W. En el paso Drake se observaron otras dos especies de cetáceos, el delfín cruzado, *Lagenorhynchus cruciger*, con 2 ejemplares en los 57°46' S; 64°14' W, y 2 hiperodontes del sur, *Hyperoodon planifrons* en los 60°00' S; 64°53' W. En el estrecho Bransfield sólo se registró una especie, la ballena minke *Balaenoptera bonaerensis*, con 2 ejemplares en los 62°41' S; 59°43' W.

En la segunda campaña no se registró ninguna especie de cetáceo en los canales australes; sin embargo, en el Paso Drake se registró un ejemplar de cachalote, *Physeter catodon*, observado en los 56°49' S; 66°21' W y un ejemplar de ballena minke, *Balaenoptera bonaerensis* en el estrecho Bransfield, a la entrada de la Bahía Chile 62°28' S; 59°41' W.

Esta diferencia de especies de cetáceos registrados en las dos campañas es interesante destacarla, sumado al número de ejemplares. En junio de 1998 avistamos sólo dos especies, el cachalote en el paso Drake y la ballena minke en el estrecho Bransfield. El cachalote constituye el primer registro nuestro para el mes de junio (invierno) en el Drake, mientras que la ballena minke observada en el estrecho Bransfield, corrobora lo informado previamente por uno de nosotros (A.A.L.) en los inviernos de 1993, 1994 (Aguayo-Lobo, 1994) y en 1996 (Aguayo-Lobo, 1996). Los dos delfines cruzados registrados en el paso Drake, en aguas de la Convergencia Antártica con + 3.4°C en junio de 1996, es el primer registro nuestro de esta especie en invierno y puede ser considerado como una especie indicadora del Frente Polar. Según Goodall *et al.* (1997) la mayoría de los avistamientos de *L. cruciger* en el Océano Austral durante el verano, se han registrado cerca de la Convergencia Antártica y en aguas con un promedio de temperatura de +3.0°C a +5.0° Celsius.

Los dos ejemplares de *H. planifrons* avistados en el Paso Drake, al sur de la Convergencia Antártica, en 1996 constituyen también los primeros registros nuestros de esta especie en invierno (Aguayo-Lobo, 1996). Su presencia se podría explicar porque en estas aguas existiría alimento (cefalópodos y peces) suficiente en invierno para sustentar a una parte de su población antártica.

Pinnipedia

Lobo fino antártico

En junio de 1996 se registraron 25 ejemplares de *A. gazella*, 22 en el estrecho Bransfield y 3 al norte de las islas Shetland del Sur; en tanto, en junio de 1998 se avistaron 188 ejemplares de esta especie (Cuadro 2): 56 machos en los bandejones de hielo de rada Covadonga y en los islotes adyacentes cubiertos de hielo (63°19' S; 57°56' W y 63°19'

S; 57°54' W); 111 machos subadultos se registraron en la banquisa de hielo situada entre los 63°15' S; 58°00' W y los 63°17' S; 57°59' W; y 21 ejemplares en las aguas libres de hielo del estrecho Bransfield, entre los 63°13' S; 57°59' W y los 62°41' S; 58°59' W. (Aguayo-Lobo *et al.*, 1998).

La distribución invernal de *A. gazella* es poco conocida, así Bester (1979) informó sólo de 5 ejemplares 45 Km. al sur del borde del hielo en los 56°22' S; 03°32' W (Atlántico Sur). Heimark y Heimark (1984) informaron avistamientos entre mayo y octubre de 1983 de 2 a 20 ejemplares a 15 Km. al NW de la estación Palmer, isla Anvers. Doidge y Croxall (1985) señalan que varios machos adultos y jóvenes se han observado en el invierno, en los territorios de reproducción estival en Georgia del Sur. Aguayo-Lobo (1994) informó registros de ejemplares machos en agosto de 1993, entre y sobre el hielo marino, en el estrecho Bransfield y en el mar de Bellingshausen, así como en el paso Drake y estrecho Bransfield en julio de 1994. En consecuencia, considerando la información anterior y los datos de este trabajo, se apoya el postulado de Doidge y Croxall (1985) de que las hembras de *A. gazella* se desplazarían hacia aguas libres de hielo durante el invierno austral y, se sugiere además, que los ejemplares machos de esta especie se dispersarían en el borde del cinturón de hielo que se forma cada invierno alrededor del continente antártico.

Focas

En junio de 1996 se observaron 60 ejemplares de focas, en el estrecho Bransfield, en tanto que en junio de 1998 se registraron 115 (Cuadro 2).

Las especies avistadas en junio de 1996 fueron: *Lobodon carcinophagus* (36 ejemplares); *Hydrurga leptonyx* (12 ejemplares); *Leptonychotes weddelli* (7 ejemplares) y en junio de 1998 se registraron las especies: *L. carcinophagus* (1 ejemplar); *H. leptonyx* (93 ejemplares); *L. weddelli* (19 ejemplares) y *Mirounga leonina* (2 ejemplares).

Al comparar ambas campañas llama la atención la de 1998 por la escasa cantidad de focas cangrejeras y el gran número de focas leopardo (Cuadro 2).

La gran mayoría de los fócidos (99%) registrados en ambas campañas, se observaron sobre bandejones de hielo (floe- ice) en el estrecho Bransfield. En junio de 1998 se observaron en los hielos adyacentes a la Rada Covadonga, en contraste con junio de 1996, cuando se registraron sobre los hielos dispersos en aguas del Bransfield.

La foca cangrejera, la más abundante de las 5 especies de focas antárticas, fue la más frecuente en junio de 1996 (60% de los 60 ejemplares observados) y la más escasa en 1998 (0.8 % de los 115 ejemplares observados). Esta gran disminución en el número de ejemplares de esta especie en 1998 se podría explicar por una posible disminución de su alimento (krill), como consecuencia de una mayor temperatura que trajo aparejada una menor cantidad de hielo en el estrecho Bransfield, en junio de 1998. Después del trabajo de Hempel (1988) se conoce que la distribución invernal del krill en la Antártica,

está directamente relacionada con la abundancia y estructura del hielo marino (pack-ice).

Por otra parte, el elevado número de focas leopardo *H. leptonyx* y su agrupamiento durante el invierno de 1998, se puede explicar por la concentración del hielo marino en la cercanía de la Península Antártica (Rada Covadonga). (Aguayo-Lobo *et al.*, 1998). Complementariamente, podemos agregar ahora factores de alimentación al registrarse en Rada Covadonga un alto número de lobos marinos *A. gazella*, y pingüinos papúa, *Pygoscelis papua*, presas importantes de su amplia dieta.

Estas diferencias de la fauna de mamíferos marinos, registradas en el estrecho Bransfield durante ambas campañas, sería una evidencia más sobre la anormalidad ambiental encontrada en dicha área de estudio durante la campaña de junio de 1998, en contraste al invierno de 1996, atribuida posiblemente a la influencia del fenómeno El Niño 1997/98.

El único antecedente nacional encontrado sobre un posible efecto de El Niño en aguas antárticas es el trabajo de Kelly *et al.* (1985). Estos autores mostraron que la temperatura superficial del mar en el estrecho Bransfield durante la campaña de verano 1983/84 (Post El Niño) fue superior en 1°C a lo registrado por Sievers (1982) durante la Campaña 1980/81 (Pre El Niño) y similares a las informadas por Clowes (1934) después de un El Niño de gran intensidad.

Entre otros autores extranjeros que pudieron haber sugerido un posible efecto de "El Niño" en aguas antárticas figuran Priddle *et al.* (1988), quienes en su *Postscript* dijeron "Possible links to a large scale climatic phenomenon".

Finalmente, se infiere que las diferencias encontradas en los valores de los parámetros ambientales (temperatura del aire), posición y anchura de la Convergencia Antártica en el paso Drake, la extensión y espesor del hielo marino en el estrecho Bransfield, así como la distribución de fauna de mamíferos marinos en el área de estudio, durante las dos campañas de invierno, es posible atribuir las a una manifestación del fenómeno El Niño 1997/1998 en dichas latitudes.

Conclusiones

1. La posición de la Convergencia Antártica en junio de 1998 (Año Post-El Niño) se localizó más al sur (57°20' S) de la correspondiente a junio de 1996 (56°40' S) (Año Pre-El Niño).
2. La amplitud de la Convergencia Antártica fue menor en 1998 (46 millas el 18 de junio) comparada con la de 1996 (70 millas el 18 de junio).
3. La temperatura del aire en el estrecho Bransfield fue significativamente más alta ($U = 86,5$; $p < 0.001$) en junio de 1998, fluctuando entre -2°C y +1,5°C, comparado con -13°C y 4°C en junio de 1996.

4. El espesor del hielo marino (pack- ice) en el estrecho Bransfield en junio de 1998 (40 cm. máximo) fue menor al encontrado en junio de 1996 (220 cm. máximo).

5. Se informa acerca de nuestros primeros registros invernales de *Physeter catodon*, *Lagenorhynchus cruciger* y de *Hyperoodon planifrons*, en el paso Drake al norte de la Convergencia Antártica, en aguas de la Convergencia y al sur de la misma, respectivamente.

6. La cantidad y distribución de los ejemplares de *Arctocephalus gazella*, *Hydrurga leptonyx* y *Leptonchotes weddellii* en el estrecho Bransfield, durante junio de 1998, se concentró en las vecindades de la Rada Covadonga, Península Antártica, en contraste con la distribución dispersa de las mismas especies en junio de 1996, cuando *Lobodon carcinophagus* fue la especie más numerosa sobre los hielos del estrecho Bransfield.

7. Se presenta evidencias que permiten apoyar la hipótesis de que las hembras de *A. gazella* se desplazarían hacia aguas libres de hielo marino durante el invierno y se muestran datos que permiten sugerir que los machos de esta especie se dispersarían en el borde oceánico del cinturón de hielo que se forma cada invierno alrededor del continente antártico.

8. Los cambios ambientales registrados y las diferencias en la distribución y número de las especies de mamíferos marinos mencionadas, estarían indicando la presencia de anomalías en el estrecho Bransfield, Antártica, en junio de 1998, como una posible consecuencia de la manifestación del fenómeno El Niño 1997 / 98.

Referencias

1. AGUAYO- LOBO, A. 1994. Registros de mamíferos y aves marinas en la Antártica durante los inviernos de 1993 y 1994. Boletín Antártico Chileno 13 (2): 13 – 14.
2. AGUAYO- LOBO, A. 1996. Actividades científicas de la Campaña de Invierno. Boletín Antártico Chileno 15 (2): 12 – 14.
3. AGUAYO- LOBO, A. 1998. La XXXIV Expedición Científica Antártica del INACH. Boletín Antártico Chileno 17 (1): 29 – 35.
4. AGUAYO- LOBO, A. y J. ACEVEDO. 1998. Actividades científicas de la Segunda Campaña de Invierno del AP 46 "Contralmirante Oscar Viel Toro". Boletín Antártico Chileno 17 (2): 22 – 23.
5. AGUAYO- LOBO, A., J. ACEVEDO R. y D. TORRES N. 1998. Influencia del fenómeno "El Niño" en el estrecho Bransfield, Antártica, durante junio de 1998. Serie Científica INACH 48: 19- 159.
6. BESTER, M. N. 1979. A note on winter seal observations in the South Atlantic pack ice. South African Journal of Antarctic Research 9: 27 – 28.
7. CLOWES, A. I. J. 1934. Hydrology of the Bransfield Strait. Discovery Reports 9: 1 – 64.

8. DOIDGE, D. W. y J. P. CROXALL. 1985. Diet and Energy Budget of the Antarctic Fur Seal, *Arctocephalus gazella*, at South Georgia. pp. 543 – 550. En: Siegfried, W. R., P. R. Condy y R. M. Laws. 1985. Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs. Springer Verlag Berlin. 702 pp.
9. GOODALL, R.N.P., A.N. BAKER, P. BEST M. MEYER y N. MIYAZAKI. 1997. On the biology of the Hourglass dolphin, *Lagenorhynchus cruciger* (Quoy y Gaimard. 1824). Report of the International Whaling Commission 47: 985 – 995.
10. HEIMARK, G. M. y R. J. HEIMARK. 1984. Birds and marine mammals in the Palmer station area. Antarctic Journal of the United States 19 (4): 3 – 8.
11. HEMPEL. 1988. Antarctic marine research in winter: the Weddell Sea Project 1986. Polar Record 24: 43 – 48.
12. KELLY, R., J. L. BLANCO y M. DÍAZ. 1985. Hidrografía del Estrecho de Bransfield durante el verano austral 1984 (Sibex – Fase I). Serie Científica INACH 33: 15 – 48.
13. PRIDDLE, J., J. P. CROXALL, I. EVERSON, R. B. HEYWOOD, E. J. MURPHY, P. A. PRINCE y G. P. SEAR, 1988. Large- scale fluctuations in distribution and abundance of krill – A discussion of posible causes. Págs. 169 – 182. En: Dietrich Sahrhage (Ed). Antarctic Ocean and Resources Variability. Springer- Verlag Berlin Heidelberg. 304 págs.
14. SIEVERS, H. 1982. Descripción de las condiciones oceanográficas físicas como apoyo al estudio de la distribución y comportamiento del krill. Serie Científica INACH 28: 87 – 136.
15. TORRES, D., V. VALLEJOS, J. ACEVEDO, R. HUCKE – GAETE y S. ZÁRATE. 1998. Registros biológicos atípicos en cabo Shirreff, isla Livingston, Antártica. Boletín Antártico Chileno 17 (1): 17 – 19.

*The Antarctic-Magellan Connection:
Ecosystems that drifted apart¹*

The particular relation between the southern tip ("cono sur") of South America and the Antarctic originates from the common past of these two regions in the Gondwana complex, which as a shallow-water connection may have lasted as long as until <20 million years BP, and their close vicinity up to the present day as compared to the distance between the Antarctic and the other surrounding continents. Under present-day conditions, the interchange of shallow-water, shelf and slope organisms between Antarctica and South America is largely restricted by deep water (to 5000 m) in the Drake Passage and the circumantarctic current systems.

In recent years, due to a strong scientific engagement of some countries in the Antarctic and increased research efforts within European-South American cooperation, the Antarctic-Magellan connection has begun to emerge in a clearer light. However, the Antarctic Peninsula and the Scotia Arc, which are closest to the Magellan Region, have been undersampled in the past as compared to, e.g. certain Weddell or Ross Sea areas, as far as the benthic subsystem is concerned. Even less sampling has been done in deep-sea areas anywhere around the Antarctic. This is unfortunate as the benthos usually provides a more suitable base for studying biogeographic relations than the plankton.

Our - still very preliminary - results indicate that the Magellan region reveals links both to the Peruvian-Panamanian biogeographic provinces and to the Antarctic. In the latter case, closest relations do not necessarily exist between the Magellan Region and the neighbouring Antarctic Peninsula and Scotia Arc regions. Latitudinal clines in species richness may run into the one or other direction, the classic mollusk/foraminiferan gradient being just one possibility. Within the Magellan Region a gradient of increasing similarity to the Antarctic is found from north to south, making the transition a gradual rather than an abrupt one.

However, after 20 million years the two areas clearly do reveal basic differences in taxonomic composition, size frequencies and community structure. Future physiological and population dynamic research will have to clarify whether certain gradients and life strategies can be generalized. Shore stations, offering facilities for experiments in aquaria and for experimental manipulation in situ, as well as for sophisticated sampling and observation by divers, will play an even more important role in the future.

¹ The content of this lecture is based on the book "Magellan-Antarctic: Ecosystems that Drifted apart", edited by W. E. Arntz and C. Ríos, as suppl. I the Scientia Marina Vol. 63 (Barcelona, Spain, 1999). The content of the book is summarized in the "Summary Review" pp. 503-511.

Hellmuth A. Sievers C.

La Oceanografía del Paso Drake

Introducción

El paso Drake, situado entre América del Sur y la Antártica, con un ancho de aproximadamente 800 km y una profundidad que disminuye desde unos 5000 m, en su boca occidental, aproximadamente a 1600 m en la parte más profunda de la cordillera de Scotia, constituye el mayor estrechamiento del océano Austral tanto horizontal como verticalmente. Si se considera a su vez, que el océano Austral es el centro del sistema de circulación oceánico mundial, pues conecta las aguas de los tres océanos mayores, se podrá comprender la importancia que reviste su estudio (Fig. 1). Cualquier alteración que en él se produzca tiene repercusiones globales, tanto oceánicas como atmosféricas, situación que ha estimulado su estudio. Aun así queda mucho por hacer principalmente en invierno, época en que el permanente mal tiempo y la formación del hielo marino, que cubre una vasta extensión del océano Austral, complican cualquier trabajo. Esta situación, más diversos acontecimientos como la Segunda Guerra Mundial, falta de financiamiento, periodos de crisis nacionales e internacionales o simplemente falta de interés, han influido para que el estudio oceanográfico de la zona haya sido en general esporádico.

Investigaciones más continuadas, después de las expediciones "Discovery" de la década de 1930, a lo menos por periodos de algunos años seguidos han sido las del "Eltanin" (por 10 años a contar de 1962), los Estudios Internacionales del Océano Austral (ISOS) entre 1975 y 1980, BIOMASS (1981-1984) y, últimamente, el Experimento de Circulación del Océano Mundial (WOCE).

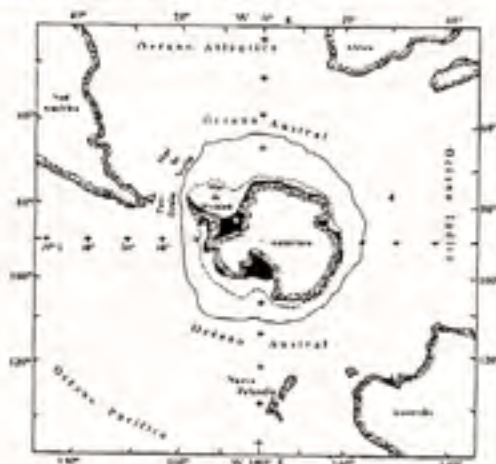


Fig. 1.- Ubicación geográfica del paso Drake. En la figura se han indicado también las posiciones de los límites del hielo marino en verano (-----) y en invierno (—). (Adaptado de Clifford 1983).

Distribución de características superficiales del agua

Las variaciones de las características del agua en el paso Drake se producen principalmente en sentido norte-sur y mantienen sus valores relativamente estables de

occidente a oriente, situación que se explica por el sentido de flujo hacia el este de la corriente Circumpolar Antártica alrededor del continente. Los rangos, tanto superficiales como para diversos niveles de profundidad, de las distintas características del agua para el océano Austral se presentan en el atlas del Océano Austral de Gordon y Molinelli (1982) constituyendo este atlas, por lo tanto, la mejor fuente de información para conocer los valores medios de las características en el paso Drake para las distintas épocas del año.

En el caso de la temperatura superficial ésta presenta, en verano (enero-marzo), un rango entre 0°C (zona antártica) y 8°C, (las proximidades del cabo de Hornos). En invierno (julio-septiembre) estas temperaturas disminuyen a menos de -1°C (posiblemente hasta la temperatura de congelación del agua de mar, -1,9°C, en las proximidades de la Antártica) y a unos 6°C en la región norte del paso Drake.

La salinidad fluctúa, en verano, entre 33,6 psu (psu = unidad práctica de salinidad) en las cercanías de la Antártica a una concentración algo mayor a 34,1 psu en la zona central-norte del paso Drake. Este máximo relativo de salinidad es propio de la Zona Polar Frontal (ZPF) es decir de aquella de transición entre las aguas Superficiales Antárticas y Subantárticas. La salinidad disminuye nuevamente hacia el norte por efectos de dilución causados por el escurrimiento de aguas estuarinas de la zona austral de Chile, advectadas a la región por la corriente del Cabo de Hornos, y de las fuertes precipitaciones propias de esas latitudes. Para la época de invierno existe poca información, desprendiéndose del atlas de Gordon y Molinelli (1982) que la salinidad fluctúa alrededor de los 34,0-34,1 psu.

Zonación.

Las aguas en el paso Drake están separadas horizontalmente en cuatro zonas de velocidades geostroficas relativamente bajas por tres frentes en que dichas velocidades de flujo son bastante altas y en las que se producen marcados gradientes horizontales de temperatura (Fig. 2).

La de más al norte, la zona Subantártica (ZSA), tiene como límite sur al Frente Subantártico (FSA). El límite norte de esta zona, el frente Subtropical (FST), también conocido como Convergencia Subtropical, está ubicado aproximadamente en latitud 40° S. Dicho frente, que a su vez corresponde al límite norte del océano Austral, no se forma en el paso Drake por la alta latitud en que se encuentra éste. Entre el Frente Subantártico y el Frente Polar Antártico (FP), el más importante y marcado de ellos, se ubica la zona del Frente Polar (ZFP). El mayor volumen de agua transportada por la corriente Circumpolar Antártica ocurre en la región de estos dos frentes y la zona limitada por ellos.

Más al sur, entre el Frente Polar y la Frontera del Agua Continental (FC), se encuentra la Zona Antártica (ZA) y al sur de la FC y hasta la costa antártica, la Zona Continental (ZC). Al este de la península Antártica (Tierra de O'Higgins) se forma entre los mares de Scotia y Weddell la Confluencia Weddell-Scotia, una lengua de agua de alta salinidad (> 34,0 psu) que se extiende hasta las islas Sandwich del Sur antes de virar al norte.

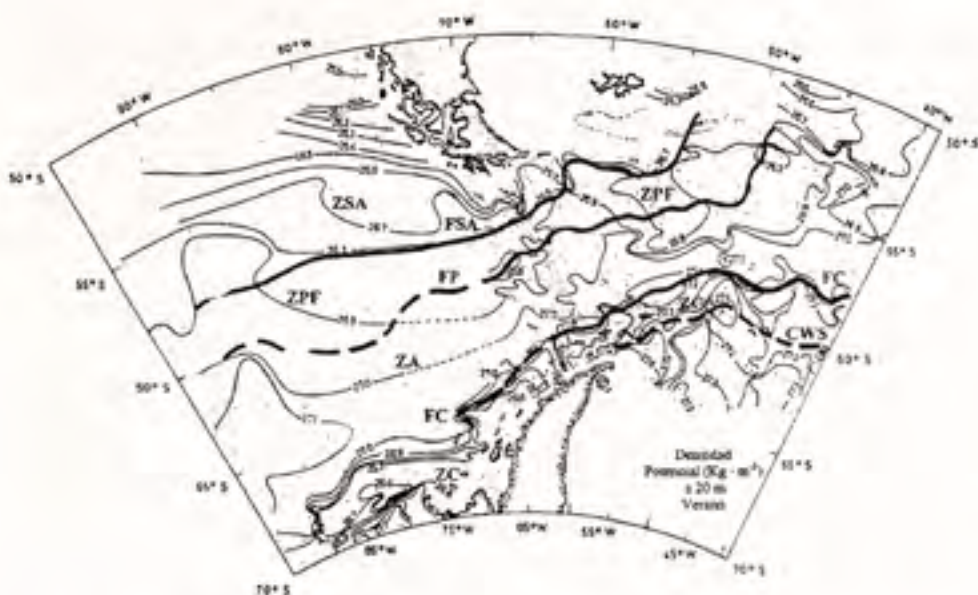


Fig. 2 Ubicación de zonas y frentes en el paso Drake y regiones oceánicas adyacentes. Las posiciones medias de los frentes están trazadas sobre un gráfico de distribución de la densidad a 20 m de profundidad, correspondiente a época de verano. Las siglas corresponden a las zonas y frentes que se indican: ZSA - Zona Subantártica; FSA - Frente Subantártico; ZPF - Zona Frontal Polar; FP - Frente Polar Antártico; ZA - Zona Antártica; FC - Frontera Aguas Continentales; ZC - Zona Continental; CWS - Confluencia Weddell-Scotia (Trazado por H.A. Sievers C.).

Masas de agua.

En el paso Drake se ha detectado, entre la superficie y el fondo, la presencia de siete masas de agua principales. La distribución vertical de estas masas de agua, representadas esquemáticamente en la figura 3, fueron identificadas por máximos y mínimos relativos de las características del agua en sus respectivos núcleos. Para ello se analizaron tanto las características conservativas de temperatura, salinidad y densidad, como también las no-conservativas de oxígeno disuelto y sales nutrientes (fosfato nitrato y silicato) y las capas de máximos de estabilidad vertical. Estas últimas, identificadas con letras en la figura 3 fueron consideradas por Sievers y Nowlin (1984) como los límites entre las masas de agua. En esta representación esquemática se ha incluido también la ubicación de los frentes y zonas asociadas.

Las dos masas de agua superficiales, la Subantártica y la Antártica, están sujetas a grandes variaciones estacionales tanto por el intercambio de calor con la atmósfera como por la formación de hielo. El agua Subantártica ubicada al norte del Frente Polar (FP), entre la superficie y la capa de máximo de estabilidad B tiene un grosor de menos de 150 m, una temperatura relativamente alta ($> 7^{\circ}\text{C}$ en verano), salinidad del orden de 34,1 psu, un moderado máximo en su contenido de oxígeno disuelto ($> 6,5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$) y baja concentración de nutrientes. A su vez, el agua Superficial Antártica forma una capa de alrededor de 250 m y está situada entre el Frente Polar (FP) y la costa de la Antártica y

entre la superficie y la capa de estabilidad E. Su característica principal es su baja temperatura que en invierno es menor de -1°C . En la época estival esta temperatura aumenta superando, en oportunidades, los 3°C . Este calentamiento superficial tiene como consecuencia la formación de una capa de mínimo subsuperficial ($-1,5^{\circ}\text{C}$), que se extiende aproximadamente entre 100-150 m de profundidad, y a la cual Mosby (1934) llamó "agua invernal". La salinidad es baja especialmente en verano debido a la fusión del hielo ($< 33,9$ psu). Gran parte de esta Zona Antártica está cubierta por hielo marino durante el invierno. El contenido de oxígeno disuelto es alto (> 8 ml-L $^{-1}$), como también lo es la concentración de nutrientes.

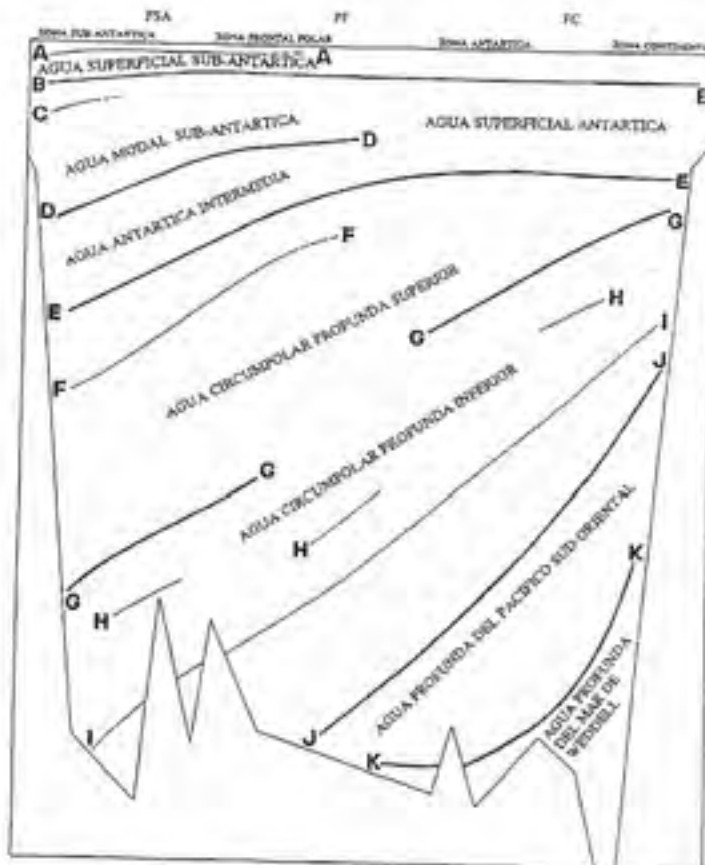


Fig. 3 Esquema de distribución vertical de las masas de agua en el paso Drake. (Adaptado de Sievers & Nowlin 1984).

En la zona Subantártica y parcialmente en la zona del Frente Polar, bajo el agua Superficial Subantártica, entre las capas de estabilidad B y D se encuentra el agua Modal Subantártica. Se trata de una masa de agua que se caracteriza por ser bastante homogénea, de baja estabilidad, de 300 a 700 m de grosor y un débil máximo en salinidad ($< 34,2$ psu) como también en oxígeno disuelto ($6,75$ ml-L $^{-1}$). La distribución vertical de nutrientes, si bien indica que van aumentando con profundidad, no presenta ningún máximo o mínimo que la distinga particularmente.

En la misma región, bajo esta agua Modal Subantártica y hasta el Frente Polar y entre

las capas de estabilidad D y E, se encuentra el agua Intermedia Antártica. Esta agua que se caracteriza por ser de baja salinidad ($< 34,2$ psu) y presentar un máximo relativo de oxígeno disuelto (6 a $7 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$) tiene su origen más probable en el agua Superficial Antártica que, por diferencia de densidad, se hunde en la zona del FP. Evidencias en este sentido se desprenden de la extensión hacia el norte de agua de mínimos relativos en temperatura y salinidad y un alto contenido de oxígeno disuelto y por compartir la capa E de máximo de estabilidad como límite inferior. También comparte con el agua Superficial Antártica un relativamente alto contenido de nutrientes.

Bajo la capa E y hasta la J se ubica la gran masa de agua Circumpolar Profunda de unos 3000 m de grosor. Esta agua que corresponde a la porción sur de las aguas profundas de los océanos asciende, a medida que va ganando en latitud, alcanzando eventualmente la superficie en la Zona Continental (ZC). Una vez allí, al entrar en contacto con la atmósfera, se van modificando sus características adquiriendo una nueva identidad, convirtiéndose ya sea en agua Superficial Antártica (de baja densidad) o de Fondo Antártica (de alta densidad). Debido a que el agua Circumpolar Profunda presenta algunas particularidades en la distribución vertical de sus características se ha dividido en dos submasas, la Superior y la Inferior. El límite entre ellas lo constituye la discontinua capa de estabilidad G.

El agua Circumpolar Profunda Superior se caracteriza por un mínimo relativo en contenido de oxígeno disuelto ($\approx 4,0 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$), máximos en fosfato ($\approx 2,4 \text{ mM}$) y nitrato ($> 35 \text{ mM}$), como también por un máximo relativo de temperatura ($\approx 2^\circ\text{C}$) que resalta principalmente alrededor de los 500 m de profundidad al sur del FP. A su vez el agua Circumpolar Profunda Inferior, que se extiende entre las capas de estabilidad G y J, se distingue principalmente por un máximo en salinidad, que en el paso Drake es de $34,73$ psu. Asimismo paralelo a este máximo y en profundidades similares se encuentran mínimos relativos de fosfato ($\approx 2,25 \text{ mM}$) y nitrato ($32,5 \text{ mM}$).

Hacia el sur del paso Drake, entre las capas J y K, se encuentra el agua Profunda del Pacífico Sudoriental que se caracteriza por un máximo en silicato ($> 135 \text{ mM}$). Temperatura y salinidad disminuyen en esta masa de agua, pero los nutrientes aumentan ligeramente con el aumento de profundidad.

Bajo la capa K y hasta el fondo, en las cercanías del continente antártico, se ubica el agua Profunda del Mar de Weddell, el agua más profunda encontrada en el paso Drake la cual, como lo indica su nombre, tiene su origen en dicho mar. Esta agua fría, de relativamente baja salinidad y bien oxigenada, llena la fosa que se extiende al norte de las islas Shetland del Sur.

En el paso Drake no se encuentra agua de Fondo Antártica, que corresponde a la más densa de todas en el océano y cuyo lugar de formación se sitúa principalmente en el mar de Weddell.

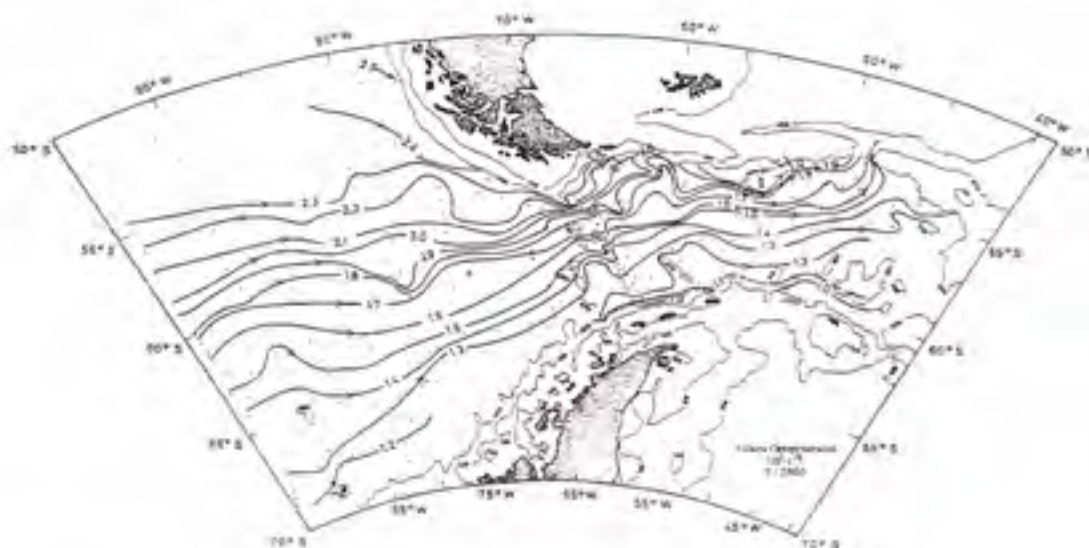
Al oriente del extremo noreste de la península Antártica (Tierra de O'Higgins) y separando las aguas de los mares de Scotia y Weddell, se forma una zona de discontinuidad

llamada Confluencia Weddell-Scotia.

Circulación y transporte de volumen.

La Antártica está completamente rodeada por la corriente Circumpolar Antártica que es esencialmente una corriente de deriva causada por los fuertes y persistentes vientos del oeste, que dominan en esas latitudes. Por esta razón recibe también el nombre de corriente de Deriva de Viento del Oeste. Esta corriente alcanza grandes profundidades, sufriendo desviaciones en su circulación casi circular por los accidentes topográficos submarinos. Donde estos efectos son más notorios e importantes es en el paso Drake y mar de Scotia. Sufre allí una contracción horizontal y vertical debido, como ya se ha indicado, al estrechamiento geográfico y a la disminución de la profundidad, como también por la presencia de importantes accidentes topográficos submarinos principalmente en el sector norte; por la fractura de Shackleton, que se extiende desde la península Antártica hacia el norweste, y sobre todo por la cordillera de Scotia, el amplio arco cordillerano que uniendo Sudamérica con la Antártica cierra el mar del mismo nombre hacia el oriente.

La corriente Circumpolar Antártica fluye al paso Drake desde el occidente imprimiendo a toda la columna de agua un movimiento hacia el este, como se aprecia de la distribución y sentido de las líneas de flujo correspondientes a la circulación geostrofica superficial referida al nivel de 3500 m (Fig. 4). También, en este gráfico de topografía dinámica, se aprecia como las líneas de flujo, que corren relativamente paralelas en el sector del Pacífico se van juntando al penetrar al paso Drake indicando un aumento de la velocidad de la corriente. En la región norte ésta es muchas veces superior a los $52 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$.



Al pasar la constricción el flujo se hace más ondulatorio en el sector norte del paso y, como consecuencia de la presencia de la cordillera de Scotia, se defleca hacia el norte dando origen a la corriente de las Malvinas/Falkland. En el sector sur se observan menos ondulaciones, excepto en la zona de deformación causada por la fractura de Shackleton, manteniendo su dirección hacia el este. A su vez la isopleta de $2,5$ y $2,4 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$, frente a la zona austral de Chile, reflejan la presencia de la corriente del Cabo de Hornos que fluyendo hacia el sureste transporta aguas de baja salinidad al sector norte del paso Drake.

Se han hecho diversas estimaciones del transporte de volumen de agua a través del paso Drake mediante la utilización de variadas técnicas de medición o cálculo, obteniéndose bastante variación en los resultados. Una de las estimaciones más recientes da una media de 135 millones de metros cúbicos por segundo para dicho transporte de volumen.

Referencias

GORDON, AL and EJ MOLINELLI (1982). Southern Ocean Atlas. Columbia University Press, New York, 11 pp, 233 plates.

CLIFFORD, MA (1983). A descriptive study of the zonation of the Antarctic Circumpolar Current and its relation to wind stress and ice cover. Thesis, Texas A&M University, 93 pp.

MCCARTNEY, MS. (1977). Subantarctic Mode Water. Deep-sea Research, 24, suppl.: 103-119.

MOSBY, H. (1934). The waters of the Atlantic Antarctic Ocean. Sci. Res. Norweg Antarct. Exped. 1927-1928, 11: 1-131.

PATTERSON, SL. and HA SIEVERS (1980). The Weddell-Scotia Confluence. J. Physical Oceanography, 10 (10): 1584-1610.

SIEVERS, HA. and WD NOWLIN Jr. (1984). The stratification and water masses in Drake Passage. J. Geophysical Research, 89 (C6): 10489-10514.

SIEVERS, HA. and W. D Nowlin Jr. (1988). Upper ocean characteristics in Drake Passage and adjoining areas of the Southern Ocean, 39°W - 95°W . Antarctic Ocean and Resources Variability (ed. D. Sahrhage), Springer-Verlag: 57-80.

WHITWORTH, T III. (1980). Zonation and geostrophic flow of the Antarctic Circumpolar Current at Drake Passage. Deep-Sea Research, 27 (7): 497-507:

A review of the Climate in the Southern Polar Regions

Introduction

The Earth's climate is a complex system which makes life possible by the beneficial interactions of the atmosphere, ocean, and biosphere. The radiative balance between the incoming shortwave (solar), and the outgoing longwave (terrestrial) radiation keeps a favorable average surface air temperature for the different living species of the planet. The radiatively active gases in the atmosphere, which include water vapor, CO₂ and trace gases, control the amount of incoming solar and outgoing terrestrial radiation. They let the shortwave radiation to pass through and reach the surface, but restrict the amount of longwave radiation, emitted by the Earth, that returns to space. This effect is called "greenhouse effect" and plays the important role of maintaining the present air temperature. It is known that a radiative perturbation, caused by changing the CO₂ and trace gases concentrations, has a direct effect upon the global air temperature, which then alters other climatic parameters.

In the global behavior of the general circulation, the polar regions are the main sinks of energy playing an important role in the climate system. The different distribution of the land and ocean in both hemispheres (Nakamura and Oort 1988) result in some different climatological characteristics such as the albedo, which is higher in the Antarctica and temperatures which are lower over the southern ice cap. It is known that the Antarctic and Arctic sea ice is a very sensitive component of the climate (Budd 1991). The positive feedback mechanisms (an internal forcing factor) related with sea ice extent amplify changes of the air temperature and others parameters in high latitudes (Budd 1991). Thus, the sensitivity of the polar regions arise as an important factor in the climate system where signals of a present and future warming may first take place.

Regional climate changes deduced from model results suggest, among others, a significant warming of the polar regions with respect to other places due to doubling CO₂ concentration. Therefore, the climate system in the high latitudes appears to be very sensitive to changes in CO₂. Due to the modeled sensitivity of these regions, it has been suggested that changes in different parameters of the climate system, such as temperature, precipitation, and others, will first be observed in the polar areas, and that they will be stronger than elsewhere. If this is true, then current evidence should be occurring in these regions in response to the increase of CO₂ and other trace gases since Industrial Revolution.

Simulating present and future climate

To investigate the future climate numerical models are used to simulate multiple physical processes and their interactions assuming dynamical and mathematical formulations. Confidence in predictions are based in the fact that using current concentrations of CO₂ (1xCOV₂ used as a control simulation) and boundary conditions, the models can simulate

many important large-scale features of the present climate. For example, they are able to reproduce the wet tropical convergence zone, the mid-latitude depression belts, as well as interannual variabilities of the present climate (Mitchell et al. 1990). However, despite the advance of the climate models, they do not adequately simulate many features of the present climate, and many physical parameterizations are necessary, as well adjustments to remove errors. Gates et al. (1990) compared the observed and simulated zonal averaged of the sea level pressure obtained by five important research groups. This parameter is probably the single most important variable indicating the state of the atmosphere, and the results revealed a good agreement of the zonal pressure patterns. However, quantitatively the pressure values obtained are poor, mainly over the high southern latitudes where the simulated antarctic trough is too weak and misplaced. Model results somewhat resolved the main surface pressure features but they are not adequately distributed in the southern latitudes.

Temperature is the primary indicator of change in response to increased CO_2 and other trace gases because it is directly related to the energy balance. Major global-scale features of temperature are well simulated. The difference of the global average temperature (land and ocean) between some general climate models (GCM) results and Oort's observational data (Grotch 1991) is less than 0.9°C for summer (DJF) and winter (JJA) seasons. But considering only the land temperatures, the differences increase to 1.7°C in DJF and 2.8°C in JJA. Even worse, on much smaller scales, these differences can exceed 10°C , mainly in polar regions (Grotch 1991).

As in the prior parameters, observed broadscale precipitation patterns can be simulated by models, but significant regional errors are present. Comparing some model results with observed data, Grotch (1991) found that the differences between them vary from 38 to 76% in DJF and from 80 to 96% for JJA. Overall models overestimated precipitation in both polar regions resulting in much larger snow accumulation over the ice sheet (Simmonds 1990, Tzeng et al. 1991).

Examination of model results reveal that although all of them may agree in qualitatively simulating major features of the present climate, quantitatively they give different values in temperature, precipitation, sea-ice extent and other climatic parameters. Even worse, over the polar region, not only do the results differ among the models, but there is a wider variability among them than there is in relation to the observed data, mainly in the Southern Hemisphere. This reveals the disagreement of the models in simulating these regions. These differences reflect the sensitivity of the simulated climate to the characteristics of the model and the parameterizations used. Morassutti (1990) found that sea-ice albedo parameterizations influence surface temperature, planetary albedo and total cloud cover, variables that appear to be very sensitive to sea-ice albedo changes. This indicates that the climate sensitivity mainly over the polar regions is strongly tied to the snow-sea-ice albedo parameterization used in global models.

The errors in simulating the present climate ($1\times\text{CO}_2$) in high latitudes can be attributed in part to the resolution of the models, and to physical parameterizations. Models simulate warmer temperatures than the observed values of the present climate over polar regions,

overestimating precipitation, and underestimating sea-ice extent. When models are used to simulate future climate by doubling CO_2 , it is necessary to consider that the errors observed in polar regions for present climate can be amplified resulting in overestimation of the changes over these regions.

Despite the errors associated with the simulation of the present climate, mainly in high latitudes, when using the current CO_2 concentration (control simulation), all the models reveal that changes in temperature are higher in polar regions (= poleward 50° latitude). Others changes such as in sea-level pressure, precipitation, and sea-ice retreat are enhanced in the polar regions suggesting that any change should first take place in these areas or if they are already occurring, these changes should be more clearly detected in polar region. Changes in ocean parameters such as sea surface temperature, salinity, etc; are also significant in high latitudes, and it is known that they play an important role in the climate of the Earth (Budd 1991).

The global average surface temperature obtained for different simulations range from 1.9 to 5.2°C , most of the results are between 3.5 and 4.5°C . The major uncertainties are related with cloud parameterization and feedback mechanisms involved with it (Mitchel et al. 1990), which produce a wide variation of the sensitivity among these models. As models increase in resolution to better represent the topography of Antarctica and simulate dynamic and physical mechanisms involved, they are able to perform more realistic representation of the Antarctic climate (Tzeng et al. 1994, Connelly and Cattle 1994).

Observed changes

According to model results signals of the current warming should be occurring in polar regions. Temperature increase should result in increases of cloudiness and precipitation, as well as an advance of the sea-ice in the short term but a retreat should be expected in a longer term ($2\times\text{CO}_2$). Unfortunately, data from high latitudes are scarce and most of them were initiated during the International Geophysical Year (IGY) in 1958. However, analyzing these records, which cover the most recent period of warming, it can be inferred whether or not a more significant signal of global change is taking place in the polar regions; and therefore, to evaluate whether or not these regions are in fact sensitive to increased CO_2 .

With the CO_2 increase, an increase in temperature of the troposphere and a decrease in the stratosphere are expected. The global average temperature reveals a positive trend since 1910 with no trend between 1940 and 1970. A significant positive trend has occurred during the last 20 years. The geographical temperature change between 1967 and 1986 for both hemispheres reveals changes in polar regions are not significant higher than other places. Even more, although in the Antarctic Peninsula and some areas around Antarctica a warming is occurring, over the plateau a decrease of about 0.5°C has been recorded. Angell (1991) analyzed temperature changes in the troposphere and stratosphere between 1974 and 1988; he found tropospheric warming and stratospheric cooling in both polar regions, but it is not significant higher than other latitudes. Temperature changes between periods 1970-78 and 1980-88 in 850-300 hPa, 300-100 hPa and 100-50

hPa layers revealed that no significant tropospheric warming as well stratospheric cooling has occurred in polar regions in comparison with lower latitudes.

The sea-ice extent over the Arctic and Antarctic since 1973 did not reveal a clear trend in the Arctic, on the other hand a small increase of the sea-ice extent is suggested around Antarctica since 1980 (Barry 1991). In the long term, however, no substantial trend is showed by the analysis. Further, Gloersen and Campbell (1988) through the analysis of satellite data found a decrease of the ice extent from 1979 to 1986 along with an increase in ice concentration. The melting of ice shelves has been observed, for instance, the George IV ice shelf has retreat 50 km over a period of 50 years, the northern part of the Larsen Ice shelf has also retreated, and the Wordie Ice Shelf has almost disintegrated (Drewry 1991) revealing a response of the Antarctic ice sheet to the current warming. However, the major ice shelves do not exhibit a retreat although some calving has been taking place. Warrick and Oerlemans (1990) indicate that no contribution from the Antarctic ice sheet has been observed due to the current sea-level rise (last 100 years), and it may even be negative. On the other hand, the estimated contribution from Greenland ice sheet has been 2.5 cm from a total of 10.5 cm, which is less than the contribution from glaciers and thermal expansion. Sea-ice thickness is another important parameter in the climate system in polar regions, but it is difficult to measure and no data are available for Antarctica, and in the Arctic they are limited.

Observed changes in Chilean Antarctic Weather Stations

Chile has three weather stations located at the northern tip of the Antarctic Peninsula. They are Eduardo Frei (62°11' S, 58°55' W), Arturo Prat (62°30' S, 59°41' W) and Bernardo Ohiggins (63°19' S, 57°54' W). These stations function year round and carry out standard synoptic weather observations every three hours. In addition, Eduardo Frei Station is an Antarctic Meteorological and Communication Center where antarctic weather observation and collected from surrounding station and where weather forecast for the area are carried out. For this study, near-surface air temperature (daily mean, minimum and maximum) and precipitation data (type and amount) are used to analyze their behavior throughout the 1961-1998 period. Annual and seasonal analyses were conducted for both temperature and precipitation, using linear regression. In addition, precipitation days were classified in liquid (rain) and solid (snow) obtaining a monthly frequency of the two types.

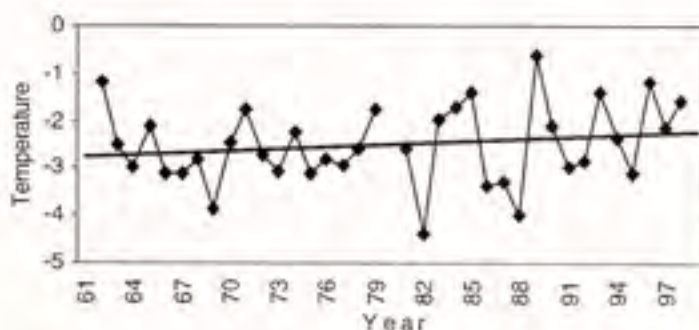


Fig. 1 Mean annual temperature at Arturo Prat Station.

All mean annual temperature series of the three stations show a large interannual variability, but also they revealed statistically significant positive trends (better than 5%). Arturo Prat presents the largest increase among the three stations, this is a warming around $0.026^{\circ}\text{C year}^{-1}$ (Fig. 1). This generalized warming concurs with previous results found in the Antarctic Peninsula sector but for other stations (Raper et. al, 1984, Hoffman 1990, Jones 1990, King 1994). The seasonal analysis reveals that the warming is larger during summer period in the three stations, being between 0.017 and $0.026^{\circ}\text{C year}^{-1}$.

On the other hand, analysis of the annual and seasonal extreme temperature behavior indicates that minimum temperature is the variable that shows the largest increase of all the temperature tendencies analyzed. Arturo Prat, once again with the largest warming, presents an increase around $0.029^{\circ}\text{C year}^{-1}$ (Fig. 2).

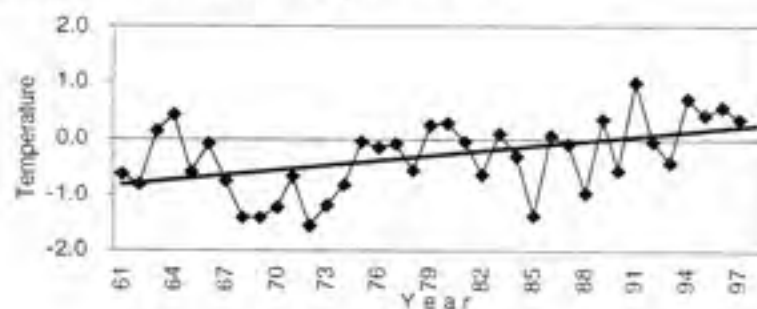


Fig. 2 Mean summer minimum temperature at Arturo Prat Station

None of the stations reveal a statistically significant change for the maximum temperature. In fact, the average daily oscillation (difference between extreme temperatures) shows a negative trend of $0.038^{\circ}\text{C year}^{-1}$, being the warming of the minimum temperature that contributes more to this decrease.

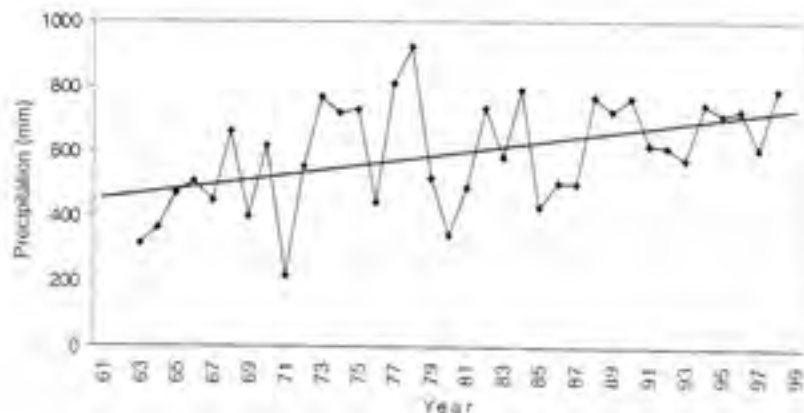


Fig. 3 Annual precipitation at Arturo Prat Station.

Even though precipitation measurements in the Antarctic Peninsula, like in other sectors, are difficult because the wind and blowing snow, this record can still be useful to study precipitation behavior throughout the analyzed-period. Thus, the mean annual precipitation regime indicates that the rainy season takes place during the summer with a total around 160 mm and decrease toward the winter (JJA), reaching around 100 mm. Although there is a large interannual variability, a linear regression through the years results in an statistically significant (better than 5%) precipitation increment, which is around 6.5 mm year⁻¹ in Arturo Prat (Fig. 3), and 9.3 mm year⁻¹ in Bernardo Ohiggins. Also, all stations showed an increase in the number of days of liquid precipitation during the summer (see Fig. 4), but not for the other seasons. However, number of solid precipitation days increased during the winter while a slight decrease is observed during the summer.

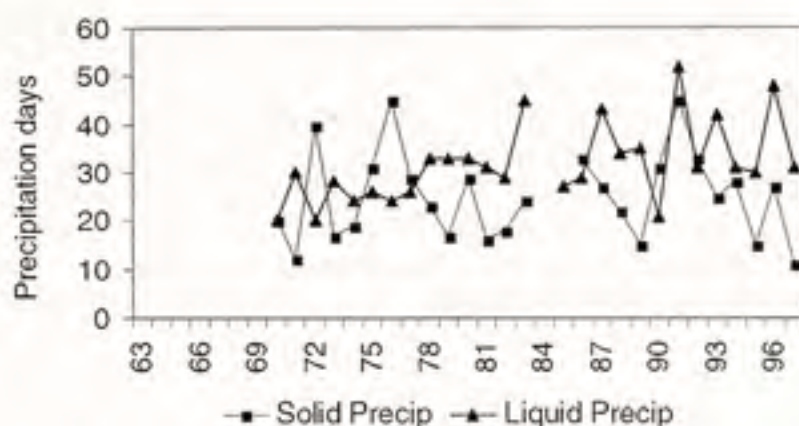


Fig. 4 Solid and Liquid precipitation days during the summer season at Eduardo Frei station.

Discussion and conclusion

Model results simulating the present climate in polar regions, using a current and doubled CO₂ concentration do not adequately simulate the high latitude environments, overestimating temperatures and precipitation, and sea-ice extent is poorly simulated. The results are highly dependent upon parameterizations, and these errors can be interpreted as a result of the sensitivity of the polar regions. For doubling CO₂, simulations reveal larger changes in high latitudes than elsewhere around the planet. These results suggest that current signals of climate change should be taking place in polar regions due to the observed increase of CO₂ since last century. According to model results, these signals should also be stronger than those observed in other regions. However, although there is evidence of climate changes in high latitudes, it is not significantly stronger than those that are taking place elsewhere. However, it is necessary to mention that because the scarcity and short period of available observational data in high latitudes, it is probably that changes in these regions are underestimated and/or not known. On the other hand, despite the possible higher sensitivity of the polar regions, the current increase of CO₂

from the 19th century may be insufficient to trigger significant changes such as in sea-ice retreat, ice melting and calving, precipitation and others. The fact that no contribution to present rise in the sea-level has been observed from the Antarctica confirms the above, Drewry (1991) estimated that the contribution of the Antarctic ice sheet to sea-level rise due to climate warming will become evident over the next 1000 years. Other responses such as precipitation and basal melting will occur after 100 years. Improvement in model resolution (vertically and horizontally), parameterization, and physical and dynamics processes have permitted and will permit that climate models better resemble the current climate, and therefore improve future prediction of climate change in polar regions.

In particular, as other studies have showed, the Chilean stations also revealed that a warming is taking place in the northern tip of the Antarctic Peninsula. This warming is about 1°C during the last 40 years. The warming is better registered by the minimum temperature and for the summer season. This variable seems to be better indicator of atmospheric changes (Karl et al. 1993). The overall minimum temperature increase, along with the fact that the maximum temperature has not experienced any change, has resulted in a decrease of the daily temperature oscillation. The increased storm activity to the west of the peninsula during the last decades (Paren 1997), can be causing the observed temperature changes. This can also be associated with precipitation increase, mainly in the liquid precipitation during the summer found in this study. A larger storm activity over Bellingshausen Sea sector implies more frequent warm air advection from lower latitudes, as well as increase in cloudy and precipitation days over the northern tip of the Antarctic Peninsula.

References

- ANGELL J. K., 1991. Changes in Tropospheric and Stratospheric Global Temperatures, 1958-1988. In *Greenhouse-Gases-Induced Climatic Change: A critical Appraisal of Simulations and Observations*. M. E. Schlesinger, Ed., Elsevier, pp 231-248.
- BARRY R. G. 1991. Observational Evidence of Changes in Global Snow and Ice Cover. In *Greenhouse-Gases-Induced Climatic Change: A critical Appraisal of Simulations and Observations*. M. E. Schlesinger, Ed., Elsevier, pp 329-346.
- BUDD W. F., 1991. Antarctica and global change. *Climatic Change* (18), 271-299.
- CONNELLY, W. M. and H. CATTLE. 1994. The Antarctic climate of the UKMO Unified Model. *Antarctic Sci.*, 6, 115-122.
- DREWRY D. J., 1991. The response of the Antarctic Ice Sheet to Climatic Change. In *Antarctic and Global Climatic Change*. C. Harris and B. Stonehouse Eds. Belhaven Press, pp 90-105.
- GATES W.L., P. R. ROWNTREE, and Q-C ZENG, 1990. Validation of Climate Models. In *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, pp. 93-130.
- GLOERSEN P. and W. J. CAMPBELL. 1988. Variations in the Arctic, Antarctic, and global sea ice covers during 1979-1987 as observed with the Nimbus 7 Scanning Multichannel Microwave Radiometer. *J. Geophys. Res.*, 93, 10666-10674.
- GROTCH S., 1991. A statistical Intercomparison of Temperature and Precipitation Predicted by Four General Circulation Models with Historical Data. In *Greenhouse-Gases-Induced Climatic Change: A critical Appraisal of Simulations and Observations*. M.E. Schlesinger, Ed., Elsevier, pp. 3-16.
- HOFFMANN, J., 1990. De las Variaciones de la temperatura del Aire en la Argentina y Estaciones Zona subantártica Adyacente, desde 1903 hasta 1989 Inclusive. *Actas. Primera Conferencia*

- Latinoamericana sobre Geofísica, Geodesia e Investigación Espacial Antárticas*, Buenos Aires, 30 jul. al 03 agosto.
- JONES, P. D., 1990. Antarctic Temperatures over the Present Century - A Study of the Early Expedition Record. *J. of Climate*, **3**, 1193-1203.
- KARL, T. R., P. D. JONES, R. W. KNIGHT, G. KUKLA, N. PLUMMER, N. V. RAZUKAYEV, K. P. GALLO, J. LINDESAY, R. J. CHARLSON, and T. C. PETERSON, 1993. Asymmetric trends of daily maximum and minimum temperatures. *Bull. Amer. Meteo.*, **74**, 1007-1023.
- KING, J. C., 1994. Recent Climate Variability in the Vicinity of the Antarctic Peninsula. *Int. J. of Climatology*, **14**, 357-369.
- MITCHELL J. F. B., S. MANABE, T. TOKIOKA and V. MELESHKO, 1990. Equilibrium Climate Change. In *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, 131-172.
- MORASSUTTI M. P., 1991. Climate model sensitivity to sea-ice albedo parameterization. *Theoretical and Applied Climatology*, **44**, 25-36.
- NAKAMURA N. and A. H. OORT, 1988. Atmospheric Heat Budgets of the Polar Regions. *J. Geophys. Res.* **93** D8, 9510-9024.
- PAREN, J., 1997. Climate change from an Antarctic perspective. Publish in *Science in Parliament*, U.K., November 1997.
- QUINTANA, J. and J.F. CARRASCO, 1997. Estudio de la temperatura superficial del aire en la Península Antártica entre 1961 y 1994. In *Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacífico Oriental*. Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO. IOC/INF-1046, 271-279.
- RAPER S. C. B., T. M. L. WIGLEY, P. R. JONES, and M. J. SALINGER, 1984. Variations in Surface Air Temperatures: part 3: The Antarctic, 1957-82. *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 1164-1172.
- TZENG R-Y, D. H. BROMWICH and T. R. PARISH, 1993. Present-day Antarctic Climatology of the NCAR Community Climate Model Version 1. *J. of Climate*, **6**, 205-226.
- TZENG R-Y, D. H. BROMWICH and T. R. PARISH, 1994. NCAR CCM2 simulation of the modern Antarctic climate. *J. Geophys. Res.* **99**, 23131-23148.
- WARRICK R. A. and H. OERLEMANS, 1990. Sea level Rise. In *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, 257-282.

Tectonic framework of the Southernmost Chilean margin

The western margin of the South American Plate has been the locus of ocean continent convergence since the Paleozoic, before the break-up of Gondwanaland. The southernmost part of this margin, between 52°S and 57°S is a relatively unexplored segment with a particular geological evolution having elements that are not present in the margin further north. Three major tectonic events have shaped the evolution of this region: 1) The development and destruction of a back-arc basin between Late Jurassic to Mid-Cretaceous times, 2) the opening of the Drake passage and the separation of the Antarctic Peninsula from South America beginning about 30 Ma, and 3) the Chile Rise - Chile Trench collision at about 14 Ma. Since then, the Chile triple junction defined by this collision (Nazca-Antarctica South America) has moved rapidly northward along the margin to its present position at 46° S near the Taitao Peninsula. North of the Chile triple junction, the Nazca plate is being subducted beneath South America at a rate of 90 mm/yr. South of the junction and as far as 57°S, the Antarctic plate is being subducted at a considerably slower rate between 10 and 20 mm/yr. This slow convergence rate is probably the main reason for the relative lack of seismicity of the western margin of South America south of the triple junction.

The tectonics of southernmost South America is governed by the interaction of three plates: the South American (SA), the Antarctic (AN) and the Scotia (SC) plates. In an absolute reference frame fixed to the mantle the Antarctic plate is practically at rest, and convergence in southernmost Chile is mainly due to the westward migration of the SA and SC plates. The SA-AN-SC triple junction must be located at the intersection of the Chile Trench and the seaward projection of the northwest Strait of Magellan. North of this junction (52° S), the SA and AN plates converge normally at a rate of 19 mm/yr. To the south, part of this rate (7mm/yr) is accommodated by the SA-SC boundary mainly along the Magellan Fault, and the AN and SC plates converge at a smaller rate of 13 mm/yr.

The Magellan fault running from the easternmost tip of Tierra del Fuego (Strait of Le Maire) along Lake Fagnano, Seno Almirantazgo and into the northwest Strait of Magellan, has normally been assumed as the main cause of great seismicity occurred in the area.

The convergence between AN and SC is oblique, with obliquity angles that rapidly increase southward reaching values over 60° near 57°S. The slow convergence rate of this margin however, does not preclude the formation of a subduction complex. A multichannel seismic line at about 56° 8' for example, displays a complete subduction complex that comprises an accretionary prism approximately 40 km wide with a well-developed gas hydrate bottom simulating reflector (BSR), and a virtually undeformed 25-km-wide forearc basin. Further south at about 57°S, the obliquity of the convergence apparently becomes too large to sustain a subduction complex and a sediment-filled trench lies next to the continental slope. A seismic Line at this latitude, however, does show that oceanic crust dips towards the continent suggesting that subduction still occurs in this region.

Victor Valderrama Vergara

Disminución de ozono estratosférico antártico y sus efectos en la Región de Magallanes

La distribución mundial del ozono así como su variación estacional es consecuencia directa de la circulación general de la atmósfera; lo anterior es también válido para las sustancias contaminantes de larga vida como los clorofluorcarbonos (CFCs).

Desde antes de producirse la contaminación de fondo, debida de cloro atómico, era notoria la asimetría del comportamiento del ozono en ambos polos debido a la magnitud, intensidad y estabilidad del Vórtice Estratosférico Antártico (VEA). El fenómeno de la intensa disminución del contenido de ozono, durante la primavera antártica en la baja estratósfera, conocido como Agujero del Ozono Antártico (AOA), es un fenómeno principalmente meteorológico, ya que se presenta como una alteración en la composición normal de la atmósfera, sobre un gas que tiene una fuerte incidencia radioactiva en toda la atmósfera y que, en particular, condiciona la dinámica de la estratósfera.

Las relaciones que existen entre las sustancias químicas extrañas introducidas, y la destrucción del ozono son evidentemente, relaciones de tipo químico, pero ellas están fuertemente condicionadas a la existencia de circunstancias puramente meteorológicas, como son la radiación solar, la circulación y las nubes estratosféricas.

El VEA encierra y transporta al AOA a latitudes sub-antárticas, quedando la región de Magallanes bajo el AOA, por dos a cuatro días varias veces, durante los meses de septiembre a noviembre. Este fenómeno es consecuencia de la actividad de las ondas atmosféricas planetarias, que ritman el comportamiento del Vórtice Polar y son la causa de rompimiento de este torbellino, lo que produce el "derrame" del aire pobre en ozono y rico en cloro activo por gran parte del hemisferio Sur, lo que provoca una notoria disminución del ozono a escala hemisférica.

Radón trazador troposférico

Resumen

El estudio de la Química de la Tropósfera antártica necesita de un conocimiento más preciso del origen de las masas de aire (lo que permite evaluar el balance de contaminantes gaseosos y particulados que ingresan a la Antártida), con este objetivo es que se planeó la medición de Radón en Punta Arenas ya que a través de este experimento se adquiere la información sobre el transporte desde el continente americano a la Antártida, sin dejar de lado por supuesto los datos obtenidos en Antártida. En lo específico el experimento pretende desarrollar la técnica del uso de Radón como trazador troposférico entre el continente y la Antártida y acrecentar el conocimiento sobre el transporte mismo.

En el tiempo el experimento se mantuvo durante los años 1990 y 1991, programa que fue discontinuado hasta 1998, año en que los equipos de medición vuelven a estar en funcionamiento. Se presentarán resultados de este transporte gaseoso correspondientes a los años 1990 y 1991. Y se plantean los nuevos objetivos para el futuro.

Introducción

El Radón es un gas noble radioactivo compuesto de dos isótopos Rn^{222} y Rn^{220} que provienen de las series radioactivas del Uranio y del Torio presentes en la corteza terrestre. La vida media del Rn^{222} y del Rn^{220} es 3,8 días y 55 segundos respectivamente; ambos decaen a distintos tipos de isótopos de Polonio cargados (sólidos); el Radón por ser un gas noble no reacciona químicamente lo cual lo hace un buen trazador.

Las mediciones de Radón en Antártida comenzaron hace tres décadas por Lambert y otros (1) y desde 1986 se hacen en la base brasileña Comandante Ferraz por Pereira (2) con un equipo desarrollado en Brasil (3). Sobre la base de estas mediciones es que se planteó la hipótesis del origen de este elemento.

El Experimento

El decaimiento radioactivo del Radón a Polonio ocurre por la emisión de Partículas alfa y de la misma forma decae el Polonio, cada tipo de Radón tiene un isótopo de Polonio específico que emite partículas alfa con una energía definida. Por esta razón al medir la cantidad de partículas alfa y su energía se puede evaluar indirectamente la actividad original de Radón. Esta técnica se denomina Espectrometría alfa.

Al efectuar mediciones en el tiempo de la actividad del Radón en Punta Arenas y en Ferraz se observan máximos en Punta Arenas que posteriormente aparecen en Ferraz.

Resultados de los años 1990 y 1991.(4)

Todos los máximos detectados en Punta Arenas tienen un máximo posterior asociado

en Ferraz, lo que induce a pensar que el transporte hacia Antártica ocurre cuando existen los Máximos en Punta Arenas.

El tiempo promedio entre ocurrencia en Punta Arenas y Ferraz es de 27 horas.
El factor de dilución promedio durante el transporte fue de 6.7

Expectativas para el proyecto futuro.

Mantener los equipos funcionando con la idea de confirmar los resultados obtenidos.
O en su defecto mejorarlos.

Bibliografía

- (1) POLIAN, G., LAMBERT, G., ARDOUIN, B., AND JEGOU, A. Long-range transport of continental radon in subantarctic and Antarctic areas, *Tellus*, **38B**: 178-189, 1986.
- (2) PEREIRA, E.B., SETZER, AW. and CAVALCANTI, I. F. A. ^{222}Rn in the Antarctic Peninsula during 1986, *Radiation Protection Dosimetry*, **24**:85-88, 1988.
- (3) PEREIRA, EB and Da SILVA, HE. Atmospheric radon measurements by electrostatic precipitation, *Nucl. Instr. Meth. In Phys. Res.* **A280**:503-505, 1988.
- (4) PEREIRA, EB and JOHNSON E. Transport of Radon between South America and the Antarctic Peninsula, *International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic.* (Per Strand and Elis Holm Editores) Pp 221-224. ISBN 82-90362-08-0. Scientific Committee of Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic. Norway, Dec. 1993.

Variations of several major outlet glaciers of the Hielo Patagonico Sur between 1986 and 1997, using Landsat TM and RADARSAT Data

Using RADARSAT SAR data taken in January 1997, variations since 1986 (Landsat TM data) were studied for Pio XI, Viedma, Upsala, O'Higgins, Tyndall, Perito Moreno and Ameghino glaciers of the Hielo Patagonico Sur (HPS). In addition, intraseasonal variations were studied using other RADARSAT data taken in either April or May 1997, which were compared with January data. These are major outlet glaciers of the HPS where variations of 48 outlet glaciers between 1945 and 1986 have been studied, in which, with the exception of two glaciers, all glaciers are found to have retreated more or less.

Glacier Pio XI, the largest in South America with an area of 1275 km², had advanced between 1945 and 1986, thereby gaining an area of 60 km² and splitting two snouts. The northern snout continued to advance since 1986, with a distance ca. 950 m and area increase of 5.06 km². At the southern snout, the right margin advanced (750 m), while the center part retreated (250 m), with a net gain of 0.60 km² in area. A comparison of January 10 and April 17 RADARSAT data revealed that while the northern snout was stationary, the center part of the southern snout advanced at a very rapid average rate of 6 m per day for ca. 520 m, gaining an area of 1.74 km².

Glacier Viedma, the second largest with an area of 945 km² retreated ca. 580 m, losing an area of 1.34 km². There was no intraseasonal variation at the front between January and May 1997. Glacier Upsala, the third largest with an area of 870 km², lost a large area of 7.16 km² with a maximum retreat of 2.8 km at the left (eastern) side in 11 years. This is probably the fastest retreat rate in Patagonia for the period of 1986-97. An extraordinary event was detected by a comparison of January and May RADARSAT data, in which an area of 2.71 km² was lost with a maximum retreat of 2 km at the right (western) side. The lake was full of icebergs; the largest being ca. 850 m x ca. 500 m with an area of 0.38 km².

Such large-scale calving activities have occurred at Glacier Upsala a few times since 1980, indicating very rapid retreat. Glacier O'Higgins, the fourth largest with an area of 830 km², lost an area of 50 km² by retreating more than 13 km between 1945 and 1986, which is in a great contrast with Glacier Pio XI located at a similar latitude on the other side (west) of the icefield. This retreat rate is by far the largest in Patagonia, and the contrasting behaviors of O'Higgins and Pio XI are one of two enigmas in the HPS. The RADARSAT data of January 1997 revealed that the position of the snout remained the same as in 1926. After a very rapid retreat for 40 years, the glacier appeared to have reached the new equilibrium. There was no intraseasonal change. The January image shows an arcuate distribution pattern of icebergs about 8 km down the snout, suggesting the presence of subglacial moraines.

Glacier Tyndall (337 km²) is located near southern end of the east side. The snout in proglacial lakes Geikie and Tyndall retreated, thereby losing an area of 5.13 km² including the area between the two lakes. Glacier Perito Moreno (265 km²) had been stable with repeated small advances and retreats over the last 50 years, and a slight variation between 1986 and 1997 (170 m retreat at the southern snout with an area loss of 0.53 km²) is considered to be within the range of stability. A comparison of January and April data indicates very slight retreat. Glacier Ameghino (77 km²), located only 4 km north of Glacier Perito Moreno, continued to retreat 1 km in a proglacial lake, losing in area of 0.52 km². These contrasting behaviors of Perito Moreno and Ameghino glaciers are another enigma of the HPS.

Projecting these new results onto the previous study of variations up to 1986, the following characteristics are recognized. At Glacier Pio XI, the northern snout continued to advance with similar rate as before, while the southern snout oscillates after 1975. Glacier Viedma continued its retreating trend which started around 1980. Glacier Upsala continued its very rapid retreat by large-scale calving activities which started around 1980. The newly-attained stability of Glacier O'Higgins highlighted the enigma, because Glacier Pio XI continued its advance. Glacier Perito Moreno appears still in the state of stability, while the neighboring Glacier Ameghino continues retreating at the similar rate as before.

Dynamic features of glaciers in Patagonia

Abstract

Seasonal, daily and hourly variations in ice-flow velocity were observed at glaciers in Patagonia. Velocities fluctuated three or four times within a few hours at Glacier Soler (Nov. 1985) in Hielo Patagonico Norte (HPN) and Glacier Perito Moreno (Nov. 1993) in Hielo Patagonico Sur (MPS). The velocity in the early summer (Nov. 1993) was slightly higher than an annual mean (1993-94) at Glacier Perito Moreno. These fluctuations in velocity should be due to those in basal sliding. It was concluded that the basal sliding is dominant throughout the year at the outlet glaciers in Patagonia.

Significantly large thinning of ice was observed; namely, 5.2 m/a at Glacier Soler (1983-85), from 3.1 to 4.0 m/a (1985-1993) at Glacier Tyndall (HPS) and from 9.5 to 20 m/a (1990-94) at Glacier Upsala (HPS), where the fronts have been retreating considerably. Glacier Upsala started to retreat in 1978 and a considerably large recession of about 700 m/a occurred in 1994. Whereas, the thickness and the front position of Glacier Perito Moreno have changed very little.

Mechanisms of large shrinkage of Glacier Upsala were discussed. Based on measured ablation rates with temperature data at Calafate, annual ablation thickness near the front of Glacier Upsala was estimated to fluctuate from 14 m/a to 18 m/a (1962-94). The range (4 m/a) of year-to-year variations in annual ablation is much smaller than the mean thinning rate of 11 m/a. Thus, temperature change alone could not elucidate the ice thinning phenomenon. Measurements of water depth were made in 1994 and 1997 at the proglacial lake, and a large bump of about 250 m high was found on the bed near the glacier terminus. From a continuity analysis, it was revealed that the normal stresses from the bump and islands near the terminus play an important role to the dynamics of Glacier Upsala. A possible mechanism may be such a feedback as: frontal retreat - reduction in longitudinal compressive stress - decrease in emergence flow - ice thinning - frontal retreat.

Retroceso de glaciares y barreras de hielo en la Península Antártica

Durante las últimas décadas se ha detectado un significativo retroceso en los glaciares y barreras de hielo de la península Antártica (PA). Este retroceso se halla relacionado con el calentamiento atmosférico regional iniciado en la década del 30, según registros históricos de la Estación Orcadas. Los datos climáticos existentes señalan además que las dos décadas pasadas figuran no sólo entre las más cálidas del presente siglo sino de los últimos 500 años. Las temperaturas medias anuales de Orcadas muestran una tendencia al calentamiento de $0,026\text{ }^{\circ}\text{C/año}$ a partir de 1930. La Estación Faraday (Vernadsky), representativa de la costa Oeste de la península, registra una tendencia bastante más pronunciada de $0,056\text{ }^{\circ}\text{C/año}$ (1945-90) y Marambio, ubicada en la costa Este, de $0,050\text{ }^{\circ}\text{C/año}$ (1971-97). Asociado a este calentamiento se observa un ascenso en la altura de la línea de equilibrio, descenso del nivel de la superficie glaciaria y el continuo retroceso, desintegración y colapso de las barreras de hielo situadas a ambos lados de la península. Como ejemplo, en la isla 25 de Mayo, (Rey Jorge) la mayor de las Shetlands del Sur, se midió una reducción en la cobertura de hielo desde el año 1956, un retroceso considerable de los glaciares de marea y un ascenso en la altura de la línea de equilibrio (ALE). En el caso de barreras de hielo, ya hacia fines de los ochenta se desintegra Wordie, y a principios de 1995 el extremo noreste de Larsen. Recientemente se ha detectado también un fuerte retroceso de las barreras George VI y Wilkins y existen claros indicios de cambios inminentes en Larsen B.

Para el balance de masa del hielo son de especial importancia las temperaturas medias de verano (TMV), por ser indicadoras de la fusión. Las TMV de Marambio muestran una tendencia de $0,074\text{ }^{\circ}\text{C/año}$ y el registro de Esperanza indica que las mismas se hallan muy cerca o por encima de 0°C (positivas) desde el verano 1973/74 hasta el presente. Investigaciones realizadas con imágenes satelitales multitemporales en la zona de influencia de ambas estaciones meteorológicas señalan un retroceso sistemático de casi todos los glaciares de descarga de la isla James Ross desde 1975 hasta 1993 ($-33,1\text{ km}^2$). Además, las mediciones recientes efectuadas en un glaciar de la isla Vega cuyo frente termina en tierra dan una alta tasa promedio de descenso de la superficie ($-0,65\text{ m/año}$ de equivalente en agua) para el período 1982-98 (16 años). También los estudios realizados en la costa suroeste muestran una fuerte tasa de descenso de la superficie. El decaimiento general de las barreras de hielo inducido por el mejoramiento del clima se estima en unos 10.000 km^2 , de los cuales más de la mitad corresponde solamente a la Barrera de Hielo Larsen. En esta barrera los cambios más notorios ocurrieron en coincidencia con las máximas TMV registradas en la región durante los veranos 1992/93 y 1994/95, a su vez positivas por primera vez desde 1971. De continuar las tendencias actuales se pueden esperar en el futuro cambios aún más drásticos en las masas de hielo de la península Antártica.

Andrés Rivera, Gino Casassa I, Heiner Lange y Rubén Carvallo

*Resultados preliminares del Proyecto Glaciológico
en Patriot Hills*

Resumen

Se presentan los resultados preliminares del proyecto "Estudios glaciológicos en Patriot Hills, Antártica" (80° 18'S, 81°22'W), el cual ha sido financiado por el Instituto Antártico Chileno, INACH.

El objetivo principal del proyecto ha sido determinar el estado del balance del casquete de hielo antártico en esas latitudes, mediante mediciones glaciológicas, geofísicas y geodésicas

Se realizaron 4 campañas de terreno desde 1995 hasta 1997, las que permitieron instalar más de 150 balizas, en un segmento de 30 km de largo por 2 km. de ancho en el Horseshoe valley, ubicado entre los montes Patriot y los Douglas Peaks y en otros sectores cercanos a los montes Ellsworth. Este sistema de balizas ha permitido determinar la acumulación y ablación para un intervalo de 3 años, las que muestran que el hielo está cerca del equilibrio, debido a que las zonas de hielo azul mostraron una ablación neta de 7 cm eq. en agua, mientras que las zonas alejadas de las montañas mostraron una acumulación similar

El posicionamiento de las balizas en las distintas campañas, ha permitido determinar la velocidad de desplazamiento del hielo, el cual evidencia mayores valores en la medida que se aleja de las

Entre las campañas de 1996 y 1997, se midieron 118 perfiles de radar, en un radio máximo de 32 Km. desde el campamento base. La penetración máxima obtenida alcanzó hasta ca. 1300 m espesor, lo que comparado con cotas superficiales del orden de los 1000 msnm existentes en las mismas zonas, implica que en varios lugares del área de estudio el sustrato está por debajo el nivel del mar. La morfología subglacial presenta numerosos accidentes topográficos, destacándose algunos nunataks subglaciales y valles de formas con posible origen fluvial. Respecto de la estructura interna del hielo, fue posible detectar algunos reflectores internos que se distribuían paralelamente a la superficie glaciaria, sin embargo, en las cercanías de los Montes Patriot, se inflectaban hacia la superficie, donde afloraban como bandas morrénicas suaves con un manto de ca 90°.

Mass balance of the Antarctic ice sheet at Patriot Hills

Abstract

Glaciological data collected at Patriot Hills, Antarctica (80°18' S, 81°22' W), are used to assess the local mass balance of the ice sheet. The data were collected during two field campaigns conducted by the Instituto Antártico Chileno in January and November 1995. Measurements included surveying of stakes, and ice thickness derived from discrete radar soundings with a ground-based high-frequency impulse system.

Ablation occurred on the bare-ice field at the base of Patriot Hills, with a maximum value of $7 \text{ g cm}^{-2} \text{ a}^{-1}$. Net accumulation was detected away from the mountains, over the firm-covered area of the glacier, with a maximum rate of $10 \text{ g cm}^{-2} \text{ a}^{-1}$. Ice thickens rapidly away from the mountains, reaching a thickness of 383 m, the maximum range of the radar system, near the center of the blue-ice field. No significant difference in surface elevation of the ice was detected over the 305 d period, which indicates that the ice is in near-equilibrium at Patriot Hills.

Introduction

Patriot Hills is located at the southernmost end of the Ellsworth Mountains, West Antarctica, at 80°18' S, 81°22' W. It is a small range only 8 km long, with extensive rock outcrops, especially on its northern flank, and with the highest summit of 1246 m protruding about 400 m above the surrounding ice sheet (USGS, 1966). Horseshoe Valley separates Patriot Hills from Douglas Peaks and Wilson Nunataks, the two latter ranges being located about 35 km north of Patriot Hills. The ice flowing from Horseshoe Valley drains to Hercules Inlet, at the grounding line of the Ronne Ice Shelf, about 50 km northeast of Patriot Hills.

A bare-ice field about 8 km long by 2 km wide exists on the northern side of Patriot Hills. Bare-ice fields, known as blue-ice areas (BIAs), are areas with negative mass balance and comprise only a small part of Antarctica. BIAs are likely to occur in the escarpment region, i.e. an area of relatively steep surface gradient, located between the coast and the interior of Antarctica, where strong winds and low accumulation rates prevail (Van den Broeke and Bintanja, 1995). Ablation is mainly produced by enhanced sublimation over the bare ice, and erosion by divergence of wind-driven snow (Jonsson, 1992; Van den Broeke and Bintanja, 1995). Such ice fields are commonly found in areas near nunataks (Orheim and Lucchitta, 1990), but they can occur as well in areas separated from the mountains, where special microclimate conditions exist (Takahashi and others, 1988). Detailed glaciometeorological studies of blue-ice fields have been carried out by the above authors, including heat balance, interaction with katabatic winds and modeling of the climate sensitivity of BIAs.

The blue-ice field of Patriot Hills presents the best conditions in the area for landing with large aircraft on wheels (unpublished information from C.V. M. Swithinbank), having been used for over a decade for logistic purposes, particularly by a private company (Adventure Network International) that has established a large summer camp there.

Glaciological studies in the area of Patriot Hills have been scarce, and mainly limited to accumulation measurements from snow pits dug at a spacing of 50-100 km, along an International Geophysical Year traverse (Bull, 1971); aerial radio-echo sounding (Jankowski and Drewry, 1981); and a few ice-velocity measurements between Independence Hills and Patriot Hills (Ishimaru and others, 1995). Recently, the Instituto Antártico Chileno (INACH), with the support of the Chilean Air Force, has started a glaciological program aimed at characterizing the mass balance and ice-flow conditions around Patriot Hills (Anonymous, 1995). This paper presents basic results from glaciological measurements carried out during INACH campaigns in the vicinity of Patriot Hills in January and November 1995 (Casassa, 1996).

Field Measurements

Base camp was established about 500 m north of the blue-ice field, near station P5 (Fig. 1). Snowmobiles were used for transportation, with the farthestmost station located 6 km away from the mountains.

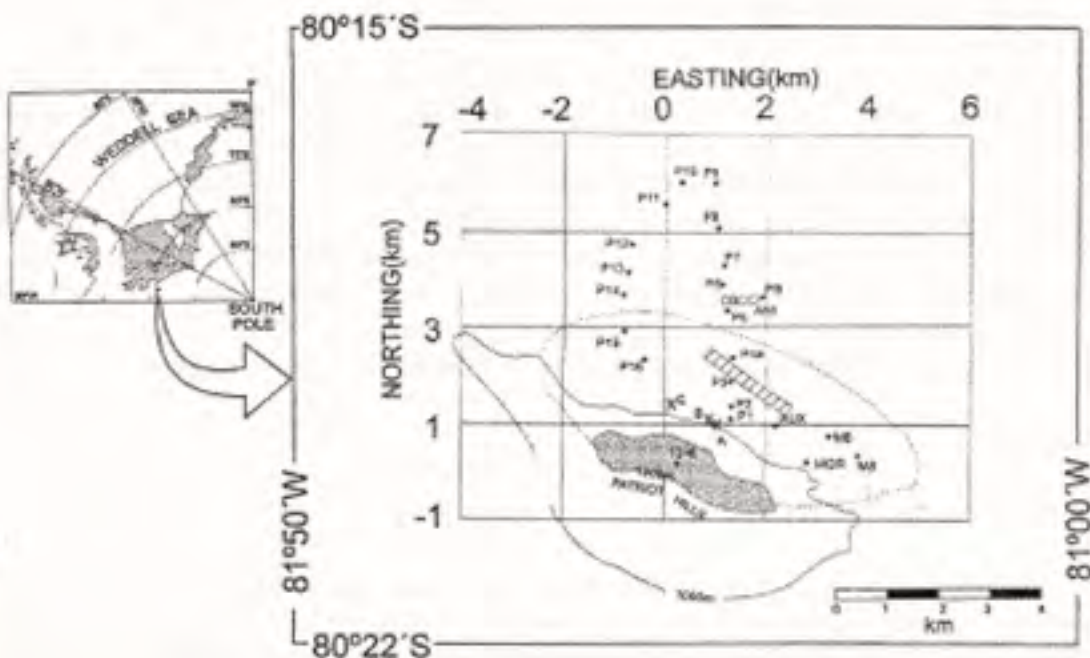


Fig. 1. Map of Patriot Hills, compiled from the USGS (1966) 1: 250 000 map sheet and field data. Points A, B and E were installed on rock. AIOR is on a lateral moraine. Stakes M1-M5 (not on the map) were installed between AIOR and M6, on the blue-icefield. Stakes M7 (not on the map) and M8, P1, P2, P3, P4a, P15 and P16 are located on the blue-icefield. All other stakes were placed on Firn. PB and CB are the base camps in January and November 1995, respectively. ANI is the base camp of Adventure Network International. The hatched diagonal band represents the airstrip located on the blue-ice area. The stippled area indicates the main mountain range of Patriot Hills. The dashed line shows the approximate extent of the blue-icefield.

Stake traverse

Three reference points, A, B and E, were established on rock on the northern flank of Patriot Hills, close to the blue-ice field (Fig. 1). From there, 12 stations, between P1 and P9, were established in January 1995, with stakes along a line to the north to a point 6 km away from the mountains. Of these, four stakes were drilled in the bare ice, and eight stations were placed in firm. All of the stakes were found and remeasured in November 1995. In addition, several new stakes, P10-P16 and M1-M8, were established in November 1995.

A traverse was measured during each epoch, using a local orthogonal coordinate system oriented to geographic north, as measured by sun observations. The origin of the coordinate system is 1000 m (N), 1000 m (E) at station A. A Wild T2 theodolite, in combination with a Wild Distomat D14 electronic distance meter, was used. Estimated standard errors are 10" in horizontal and vertical angles and 2 cm in horizontal distances. At the farthest station (P9), this yields standard errors of 7 cm in the along-track coordinate (approximately northing), 9 cm in the across-track coordinate (approximately easting) and 13 cm in elevation.

Radio-echo sounding

A short-pulse high-frequency (HF) radar system was used, making discrete measurements at each stake. The system was mounted on sledges and towed with a snowmobile, using resistively loaded dipole antennas. The transmitter, constructed at The Ohio State University (Huffman, unpublished), follows the original U.S. Geological Survey design. It consists of a 12 V power unit, producing an output pulse of 1600 Vpp, a pulse width of about 500 ns, and a repetition rate of 0.2 kHz. The transmitter has been used successfully on temperate glaciers (e.g. Jezek and Thompson, 1982; Casassa, 1992). The receiver consisted of a Hitachi VC 6045A digital storage oscilloscope connected through a serial port to a notebook personal computer, with a maximum averaging capacity of 256 traces.

Results

Accumulation/ablation

The height difference of the stakes, measured at each epoch was used in combination with firm densities obtained in a snow pit at base camp at each epoch to obtain accumulation and ablation rates for the 323 d period January–November 1995. A mean firm-density value of 376 kg m⁻³ was used, which is an average for the upper 20 cm layer between January and November. An ice density of 917 kg m⁻³ was used for the blue-ice field. Table 1 shows the results.

As anticipated, ablation occurs on the blue-ice field, being maximum at the southern edge of the ice, close to the mountains (P1). A large part of the ablation is expected to occur by sublimation (Jonsson, 1992), although some melting does happen during the summer, perhaps not every year but probably during very warm events, as evidenced by frozen pools found at the southern edge of the blue-ice field. However, relative amounts of sublimation and melting can not be assessed, due to lack of heat-balance measurements.

Table 1. Ablation/accumulation rates. Negative sign indicate ablation, and height difference is the November minus January value. P9E and P9W are located 118m east and 169m west of station P9, respectively

Station	Surface	Height difference	Ablation/ accumulation
		cm	$g\ m^{-2}\ a^{-1}$
P1	Ice	-9	-7
P2	Ice	-8	-6
P3	Ice	-5	-4
P5	Firn	6	2
P6	Firn	30	10
P7	Firn	22	7
P8	Firn	13	4
P9	Firn	17	6
P9W	Firn	8	3
P9E	Firn	15	5

At station P5, located near the northern edge of the ice field, accumulation is minimum. A large variation in snow accumulation can be observed north of P5. Probably this does not reflect a spatial variation of accumulation rate, but is due to random sastrugi formation. Therefore, a representative accumulation rate in this area is $6\ g\ cm^{-2}\ a^{-1}$, obtained by averaging the values for stakes P6-P9E. This is much smaller than the value of $15\ g\ cm^{-2}\ a^{-1}$ indicated by Giovinetto and Bull (1987) for the area. However, Giovinetto and Bull based their results on snow-pit data collected at a spacing of 50-100 km (Bull, 1971), which is representative of the ice sheet rather than the area near the mountains. Our results indicate that snow accumulation around Patriot Hills is reduced by a factor of 2.5 as compared with the value of the surrounding ice sheet. Although on the blue-ice field sublimation certainly contributes to ablation of the accumulated snow, there is sufficient field evidence to suggest that the prevailing southwest katabatic wind results in erosion by divergence of wind-driven snow (Van den Broeke and Bintallja, 1995) leeward of Patriot Hills. In fact, preliminary wind measurements indicate a 20-50% wind-velocity increase over the blue-ice field compared to the base camp site, located 500 m south of the edge of the

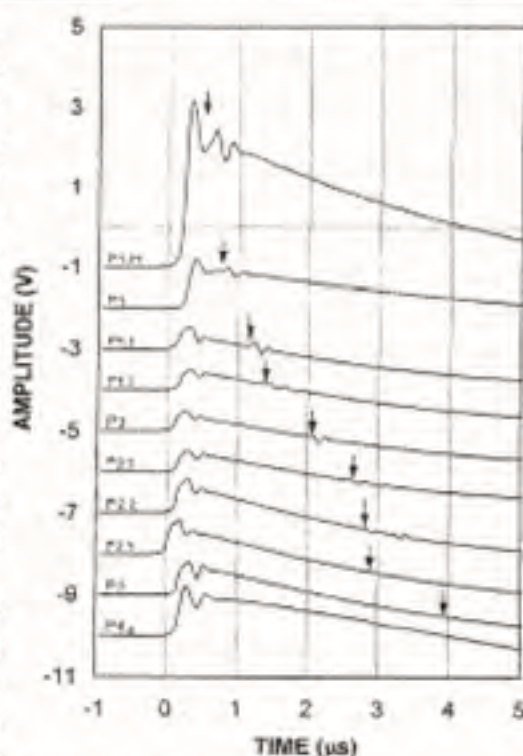


Fig. 2. Radar traces for transect P. The uppermost trace was measured at the edge of the blue-ice field, close to the mountains of Patriot Hills. Labels correspond to stations indicated in Figure 1. Intermediate stations where no stakes were installed in the field are labeled P1.1, P1.2, etc. The large signal between 0 and 0.5 μs corresponds to the surface wave transmitted on the air-ice interface, the small signals to the right of the surface wave, between 0.5 and 4.5 μs , correspond to bed returns, indicated by arrows, which are progressively deeper away from the mountains. At P4a no bed return could be detected. The bed returns were amplified for graphic purposes. The amplitude scale is shown for reference, with relative values, in volts, being valid only for the surface wave.

Table 2. Elevation changes (November minus January)

<i>Station</i>	<i>Elevation change cm</i>
P1	9
P2	13
P3	10
P4a	14
P5	14
P6	36
P7	20
P8	2
P9	-9

blue ice. This is also evidenced by the size of sastrugi, which are clearly smaller away from the mountains, toward the north. Amplitudes of sastrugi of 40 cm are not uncommon just north of the blue-ice field, decreasing rapidly to the north, and becoming much subdued a few kilometers away from the mountains.

Surface-elevation changes

The resurvey of the P traverse allowed elevation differences of the glacier surface to be computed over the period of 305 d between 15 January and 17 November 1995. Estimated errors in elevation (m_j) for each epoch are 3 cm at station P1 and 13 cm at station P9, so the standard error for the elevation-change values is 7 cm for P1 and 18 cm for P9.

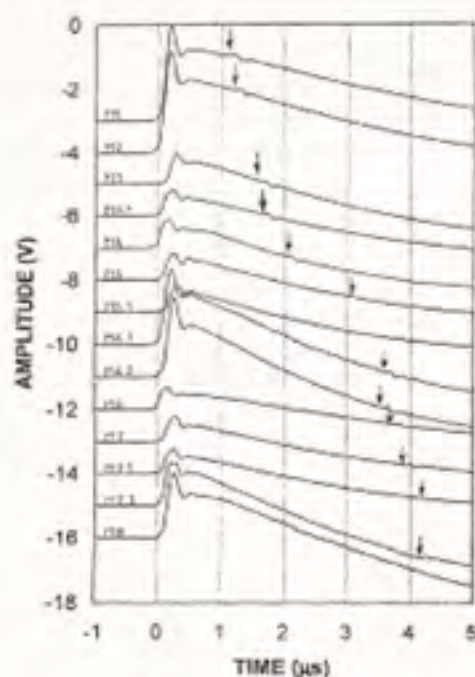
Measurements were carried out at the stakes, which moved with the glacier, so elevation changes do not exactly reflect surface changes at the same location. However, since surface slopes and ice speeds are small ($\sim 1\%$ and $\sim 5 \text{ m a}^{-1}$ at station P9, respectively), the associated error is negligible with respect to measurement errors, with a maximum error due to advection of 4 cm at P9 for the period January–November.

Elevation changes are shown in Table 2. Elevation changes at stations P6 and P7 appear to be significant. However, they occur in an area where sastrugi have amplitudes up to 40 cm, due to strong wind in the vicinity of the mountains, as mentioned earlier. Because sastrugi can migrate and/or form randomly, we consider that uncertainty in detecting elevation changes can be as high as 0.5 m near the blue-ice field. Since no elevation change greater than 36 cm occurred in the vicinity of Patriot Hills during the 305 d period, this indicates a zero mass balance within our uncertainty for the area.

Radar measurements of ice thickness

Traces of radar data for transects P and M are shown in Figures 2 and 3. In these figures, the time origin, or zero-time, corresponds to the arrival time of the surface wave, transmitted to the receiver along the air-ice interface. Bed returns are seen on the trace diagrams as sinusoidal signals with small amplitude, which have an increasingly large

Fig. 3. Radar traces for transect M. See Figure 2 caption for explanation. At M8 no bed echo could be detected.



return time as the ice gets deeper away from the mountains. Ice depth (D , in m; Figs 4 and 5) was calculated from the return time (t_r , in μs) using the following equation, modified from Watts and Isherwood (1978):

$$D = \frac{1}{2} \sqrt{\left[v_i \left(t_r + \frac{s}{c} \right) \right]^2 - s^2}$$

where v_i is the speed of electromagnetic wave in cold ice ($168 \text{ m } \mu\text{s}^{-1}$; Macheret and others, 1993), s is the antenna separation (36 m at transect P, and 31.5 m at transect M) and c is the speed of light in a vacuum ($300 \text{ m } \mu\text{s}^{-1}$). The average error in ice-thickness measurement is estimated to be 15 m.

Along transect P, radar data were recorded at stakes P1-P4a, including intermediate stations (Figs 2 and 4). In spite of repeated measurements using different antenna configurations and orientations, recording 256 traces and using the highest oscilloscope sensitivity (2 mV/div), no bottom echoes could be detected beyond stake P3, near the center line of the blue-ice field. A maximum ice thickness of 351 m could be detected at station P3 (Fig. 4).

Transect M was set up in the southeastern part of the blue-ice field (Fig. 1), in order to have a more detailed ice thickness distribution. The M transect has a northeast direction from M1 to M6, and then turns 90° to the southeast, toward station M8. A maximum ice thickness of 383 m was detected at station M7.2 (Fig. 5). This value corresponds to the maximum range of the radar.

Ice-thickness values of about 1300m exist toward the center of Horseshoe Valley, the valley separating Patriot Hills from Douglas Peaks, the latter being located 30km north-

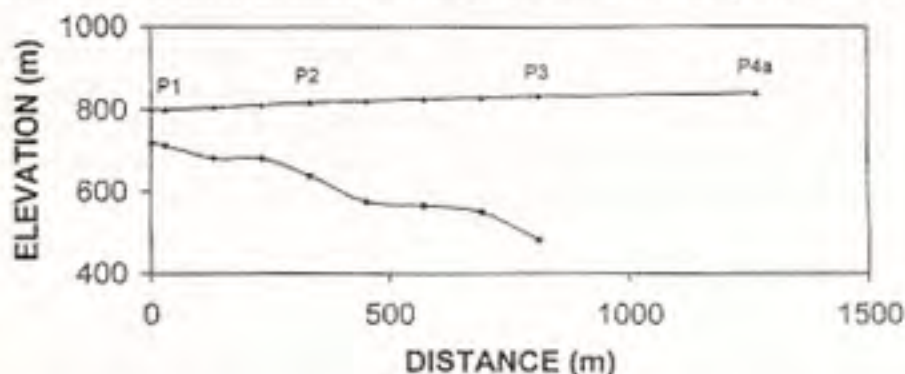


Fig. 4. Profile of the glacier for transect P. Points correspond to field measurements. Ice depth was obtained from return times (Fig. 2) using the equation described in the text. The distance origin is located at the edge of the blue-icefield, close to the mountains.

ward (Vaughan and others, 1994), which shows that the present HF impulse radar system needs substantial modifications to sound deeper ice.

Bed profiles (Figs 4 and 5) show an increase in ice thickness away from the mountains, with an average bed slope of 4% at the farthest point where ice thickness could be measured (P3 and M6 in Figs 4 and 5, respectively). However, flatter subglacial areas are seen between stations P1 and P2, north of P2, and between M3 and M4. It is unknown whether these features are due to present erosional or depositional processes at the glacier bed or reflect instead conditions prior to the formation of the ice sheet.

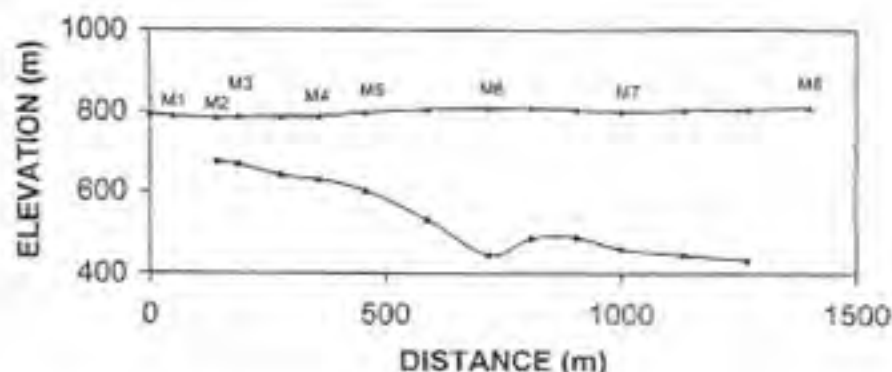


Fig. 5. Profile of the glacier for transect M. See explanation for figure 4. The distance origin is located at the edge of the blue-icefield, at station MOR, on the lateral moraine (Fig. 1). The bed-slope change at station M6 is due to a 90° change in the transect direction, as can be seen in Figure 1, and explained in the text.

Conclusions

Glaciologic data collected in the vicinity of Patriot Hills allow the accumulation rate in the area to be characterized. The presence of the mountains exerts a strong influence on the accumulation pattern, probably by divergence of wind driven snow flux, which results in reduced accumulation. Accumulation rate increases away from the mountains, with ablation occurring over the blue-ice field and accumulation in the firm area. A maximum ice thickness of 383 m was measured with the HF impulse radar system, near the center of the blue ice field. Modifications are needed in the receiving and transmitting units of the radar system in order to increase the sounding range. Precise repeat measurements of stake heights after a 305 d period show no significant elevation difference, which indicates a near-zero mass balance for the ice sheet at Patriot Hills.

References

- ANONYMOUS. 1995. INACH: a 1,084 km del Polo Sur. *Boletín Antártico Chileno*, 14(1), 17-19.
- BULL, C. 1971. Snow accumulation in Antarctica. In *Quam, I. O., ed. Research in the Antarctic*. Washington, DC, American Association for the Advancement of Science, 367-421. (Publication 93.)

- CASASSA, G. 1992. Radio-echo sounding of Tyndall Glacier, southern Patagonia. *Bull. Glacier Res.* 10, 69-74.
- CASASSA, G. 1996. Expedición INACH a Patriot Hills, noviembre-diciembre 1995. *Boletín Antártico Chileno*, 15(1), 20-24.
- GIOVINETTO, M. B. and C. BULL. 1987. Summary and analyses of surface mass balance compilations for Antarctica, 1960-1985. *Byrd Polar Research Center Report 1*.
- HUFFMAN, F.E. Unpublished. *Marx generator for high frequency ice radar system*, Columbus, OH, Ohio State University. Department of Geological Sciences.
- ISHIMARU, A., K.YOSHIKAWA, K. KIZAKI and K. HARADA. 1995. Observations of moraine at the foot of Independence Hills in the southern Ellsworth Mountains, Antarctica. In Yoshikawa, K., K. Harada and A. Isllimar eds. *Scientific results from the Antarctic Walk Environmental Research Expedition (.1991-1993)*. Tokyo, Antarctic Environmental Research Expedition Organizing Committee, 17-32.
- JANKOWSKI, E.J. and D.J. DREWRY. 1981. The structure of West Antarctic from geophysical studies. *Nature*, 291(5810), 17-21.
- JEZEK, K. C. and L. G. THOMPSON. 1982. Interpretation of monopulse ic radar soundings on two Peruvian glaciers. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, GE-20 (3), 243-249.
- JONSSON, S. 1992. Local climate and mass balance of a blue-ice area in western Dronning Maud Land, Antarctica. *Z Gletscherkd. Glazialgeol.* 26(1), 1990, 11-29.
- MACHERET, YU. YA., M. YU. MOSKALEVSKY and E. V. VASILENKO. 1993. Velocity of radio waves in glaciers as an indicator of their hydrothermal state structure and regime. *J. Glaciol.*, 39(132), 373-384.
- ORHEIM, O. and B. LUCCHITTA. 1990. Investigating climate change by digital analysis of blue ice extent on satellite images of Antarctica. *Ann. Glaciol.* 14, 211-215.
- TAKALLASHI, S., R. NARUSE, M. NAKAWO and S. MAE. 1988. A bare ice field in east Queen Maud Land, Antarctica, caused by horizontal divergence of drifting snow. *Ann. Glaciol.*, 11, 156-160.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 1966. *Liberty Hills*. Washington DC, U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey. (Reconnaissance Series, Scale 1: 250 000.)
- VAN DEN BROEKE, M. R. and R. BINTANJA. 1995. The interaction of katabatic winds and the formation of blue-ice areas in East Antarctica. *J. Glaciol.* 41 (138), 395-407.
- VAUGHAN, D. G. and 9 others. 1994. *Map of subglacial and seabed topography Filchner/Ronne Schelfeis/Weddell Sea, Antarktis. 1:2,000,000*. Frankfurt an Main, Institut für Angewandte Geodäsie.
- WATTS, R. D. and W. ISHERWOOD. 1978. Gravity surveys in glacier-covered regions. *Geophysics*, 43(4), 819-822.

La presencia del hombre

TEMA 7

LA PRESENCIA HUMANA EN LAS REGIONES POLARES

Mateo Martinic

La presencia del hombre en la Antártica

En enero de 1774 el gran navegante inglés capitán James Cook remataba su máximo esfuerzo exploratorio que le había llevado a subir hasta los 71° 10' de latitud sur en la búsqueda del gran continente austral y que había resultado infructuosa, lo que le llevó a concluir que el mismo no existía, a lo menos con las dimensiones que le habían imaginado los cartógrafos de los siglos precedentes y que si existía estaba cerca del polo sur y fuera del alcance de la navegación. Así había culminado lo que en la historia de las exploraciones se denomina "la búsqueda negativa", con la sepultación del hasta entonces sostenido mito de la Terra Australis Incognita.⁽¹⁾

Pero 45 años después, en febrero de 1819, William Smith, un navegante inglés que había sido arrastrado hacia el sur por la fuerza de los elementos en su viaje entre Buenos Aires y Valparaíso, conseguía avistar en la latitud 62° la costa de una tierra meridional desconocida a la que bautizó como Nueva Shetland del Sur. No obstante que a su arribo a Valparaíso el jefe de la estación naval británica del Pacífico puso en duda su descubrimiento, Smith realizó un nuevo viaje, esta vez ex profeso para volver a encontrar la tierra avistada y, si era posible, para desembarcar en ella, no sin que antes se enterasen algunos foceros norteamericanos de su hallazgo geográfico. Así, William Smith pudo arribar nuevamente a la Nueva Shetland del Sur, a una isla que llamó del Rey Jorge, consiguiendo desembarcar una partida de hombres que plantó en la costa su bandera, tomando posesión de la isla en nombre de su monarca.⁽²⁾

Luego de este viaje confirmatorio del descubrimiento, durante 1820 se registró la llegada de un medio centenar de embarcaciones foceras norteamericanas en plan cinegético, seguidas de un importante contingente de naves británicas y otras provenientes de Valparaíso, Buenos Aires, Montevideo y aún de Sidney, iniciándose de tal modo una cacería arrasadora de focas, que en cuatro temporadas, hasta 1825, permitió la captura de alrededor de medio millón de animales. Tan intensa fue la actividad que virtualmente cesó a partir de entonces, paralizándose a lo menos por cincuenta años, pues las poblaciones de otáridos finos habían sido virtualmente destruidas.

Entre tanto así había sucedido ocurrieron nuevos arribos de naves en plan exploratorio del territorio polar que enfrenta a América, debiendo mencionarse entre ellos a los protagonizados por el marino inglés Edward Bransfield y por el capitán ruso Thaddeus

von Bellingshausen, quien había recibido el encargo del zar Alejandro de explorar las tierras que parecían rodear al polo sur y que de tal manera sería el segundo en circunnavegar la Antártica (el primero había sido Cook). Con estas navegaciones y con las realizadas por algunas embarcaciones foqueras como el crucero conjunto del bergantín norteamericano **Hero**, donde navegaba Nathaniel Palmer, con el **Dove** del inglés George Powell, se incrementó el conocimiento geográfico con los descubrimientos de nuevas islas lo que permitió determinar que la Nueva Shetland del Sur era un gran archipiélago, separado de otros conjuntos insulares vecinos y de la tierra firme, la península Antártica, donde la barcaza norteamericana **Cecilia** al mando del capitán John Davis hizo un desembarco el 7 de febrero de 1821.⁽²⁾

Dos años después, en febrero de 1823, el foquero inglés James Weddell exploró por otras latitudes antárticas alcanzando hasta los 74° 15' sur, esto es, más de doscientas millas hacia el sur de lo que había conseguido el capitán Cook medio siglo antes. Esta penetración austral sería superada recién en 1841 por el capitán James Clark Ross, quien alcanzó en otras latitudes hasta los 78° 10', descubriendo el extenso mar que lleva su nombre. En la medida que se exploraba el contorno polar se fue advirtiendo que la Antártica era una masa terrestre compacta en cuyo interior se situaba el polo sur, y que mayormente estaba compuesta por una gruesa capa de hielo permanente que la cubría, del que solían desprenderse grandes témpanos durante el período del verano antártico.

Así, para 1830 no se poseía una noción clara respecto de las características continentales u oceánicas congeladas que podía tener el novísimo territorio meridional. De lo que sí hubo pronta noción fue de las condiciones climáticas verdaderamente extremas que allí reinaban, con características de gran variabilidad, circunstancia que solía hacer de los viajes unas empresas tremendamente penosas y azarosas.

Los antecedentes obtenidos por el viaje de Weddell motivaron el interés por nuevos reconocimientos y exploraciones. Así la firma Enderby Brothers de Londres, vinculada con el negocio ballenero y peletero, envió durante varias décadas embarcaciones para realizar tales operaciones. De estos viajes el más conocido fue el realizado en 1831-32 por el capitán John Biscoe, quien fue el tercer marino que circunnavegó la Antártica, llegando a la conclusión que la misma era propiamente un continente y no un extenso mar congelado.

Tiempo después, en 1838, arribó a las aguas antárticas que enfrentan a Sudamérica el navegante francés Jules Cesar Dumont D'Urville. Tras una campaña exploratoria fructuosa retornó a la Antártica para nuevas observaciones en 1840 que le permitieron

descubrir la tierra que llamó **Adelie**, entre otros lugares del vasto perímetro circumpolar; realizar además gran cantidad de observaciones científicas de provecho y adelantar de manera notoria el conocimiento geográfico sobre el continente novísimo.

Contemporáneas con los trabajos de Dumont D'Urville son las exploraciones emprendidas por el norteamericano Charles Wilkes (1838-1841) y por el inglés James Clark Ross (1839-1841) que permitieron añadir más noticias geográficas sobre distintos aspectos del borde continental antártico.

Tras este período de actividad exploratoria relativamente intensa, que en alguna medida familiarizó a los navegantes con la cruda realidad geográfica y climática del continente, permitiendo entender cuán difícil habría de resultar su pleno conocimiento, siguió una suerte de cuarto intermedio a lo largo de tres décadas durante el que no se adelantó de manera significativa en el dominio de la geografía austral.

La tarea exploratoria se reanudó de manera aperiódica a contar de 1874 con las navegaciones del alemán Eduardo Dallmann y en 1893 con las del noruego Carl Anton Larsen y de la flotilla escocesa de Dundee, todas desarrolladas sobre el cuadrante americano de la Antártica; así como la del capitán noruego Kristensen, a quien acompañaba el joven Carsten Borchgrevink en el sector del Mar de Ross.

Así adelantaba lenta y progresivamente el conocimiento geográfico polar cuando el Congreso Internacional de Geografía, realizado en Londres, urgió a las naciones civilizadas la exploración de las regiones antárticas por estimarlo del más alto valor científico para la humanidad. Consecuencia de ello fue la pronta organización de dos expediciones con tal propósito, siendo la primera la del vapor **Belgique** que zarpó de Amberes en 1897 al mando del capitán Adrien de Gerlache. A partir de Punta Arenas, esta expedición realizó algunos descubrimientos geográficos importantes en la zona de la Península Antártica e interesantes estudios científicos y debió invernar en los 71° de latitud entre los meridianos 80° y 90° de longitud oeste al quedar inmovilizado el barco en el hielo. La segunda expedición la realizó el vapor ballenero **Southern Cross** al mando del ya conocido explorador Carsten Borchgrevink y se desarrolló sobre el sector australiano del continente antártico, y como la primera tuvo una composición internacional en su dotación de personal científico. Al igual que la belga, esta expedición noruega debió invernar, ahora en el continente propiamente tal, y fue la primera en utilizar perros como auxiliares para la tracción de los trineos de exploración y carga.

Tal como había ocurrido con el VI Congreso Internacional de Geografía ya mencionado, el VII realizado en Berlín en 1899 volvió a ocuparse de la Antártica y nuevamente apremió

a los países más adelantados para emprender acciones de exploración para avanzar en su conocimiento. Fue así que se organizaron en pocos años cinco expediciones que aportaron de variada manera al objetivo propuesto y que dieron forma a una verdadera campaña de cooperación antártica internacional. La primera de ellas fue la expedición británica de 1901-1904 dirigida por el capitán Robert Falcon Scott que años después protagonizaría una de las acciones de mayor sacrificio y heroísmo en la conquista del polo sur. Esta expedición tuvo como centro de actividades exploratorias y científicas el sector de la bahía Mc Murdo sobre el cuadrante neozelandés. Contemporánea fue la expedición organizada por el Almirantazgo Alemán y encomendada a la dirección del geógrafo Erich von Drygalski, que operó sobre el cuadrante antártico opuesto que enfrenta al océano Indico. Las otras tres expediciones tuvieron como teatro el más accesible cuadrante americano y fueron la noruega, de la Universidad de Upsala bajo la dirección de un científico eminente, Dr. Otto Nordenskjold, con el ballenero **Antarctic**; la expedición científica escocesa a cargo del Dr. William S. Bruce, con el barco **Scotia** (1903-1904) y la expedición organizada por el gobierno de Francia, con el buque **Français**, puesta bajo la dirección del Dr. Jean Charcot y desarrollada entre 1904 y 1905. Esta expedición tuvo una suerte de segunda fase entre 1908 y 1910 con la participación de la nave **Pourquoi Pas?** y, como las anteriores, permitió, en distinto grado, un notable avance en el conocimiento de la geografía antártica y, especialmente, en el estudio de la adaptación humana a condiciones ambientales extremadamente rigurosas, circunstancia que permitiría ganar valiosa experiencia para acciones más audaces y atrevidas a emprenderse en el futuro, entre las cuales estaba, nada menos, que la conquista del polo sur geográfico. (4)

Es tiempo de interrumpir momentáneamente la relación de esta secuencia exploratoria del Antártico, para ocuparnos de otra expresión de la presencia humana en el continente polar y en sus aguas aledañas: la actividad económica de los cazadores de ballenas iniciada en 1904 y que en una primera etapa tendría vigencia continuada hasta pasada la mitad de los años de 1910.

Tal como había ocurrido en los comienzos del siglo XIX sobre los litorales, en los inicios del XX se advirtió que los mares antárticos poseían una cuantiosa riqueza de cetáceos que permanecía intocada y que se ofrecía tentadora al afán de lucro de los empresarios del ramo. Fue así que comenzaron a organizarse distintas compañías, mayoritariamente noruegas, para explotar tan valioso recurso pelágico, las que comenzaron a operar al promediar la primera década del siglo.

Entre las pioneras estuvo una empresa surgida en Punta Arenas durante 1905, la

Sociedad en Comandita de Bruyne, Andresen y Cía., sociedad chilena debida al empuje y visión empresarial de un inmigrante noruego, el capitán mercante Adolfo Andresen, quien advirtió que, por su proximidad geográfica con el continente austral, el puerto magallánico era un punto muy recomendable para basar una actividad cinegética como la mencionada.

Es del caso señalar que el interés de los capitalistas magallánicos por la riqueza faunística antártica no era nuevo y tenía su precedente en las actividades de caza de lobos de piel fina emprendidas durante 1902 en las costas de las islas Shetland del Sur por algunas embarcaciones de matrícula chilena y pertenecientes a la compañía armadora Braun & Blanchard, compañía cuyos asociados también participaban ahora de la sociedad organizada por Andresen.¹⁵⁾

Así entonces, los primeros fructuosos resultados obtenidos por la Sociedad de Bruyne, Andresen y Cía. sirvieron de base para la organización de una empresa en forma, la Sociedad Ballenera de Magallanes, constituida en 1906 y que inició sus actividades cazadoras en el mismo año en aguas de las Shetland del Sur, con una flotilla compuesta por un buque fábrica, el **Gobernador Bories**, tres vapores cazadores y un pontón-bodega, teniendo para sus operaciones dos bases, una en suelo polar, en la isla Decepción, y otra en territorio americano, en bahía del Aguila, península de Brunswick.

Las operaciones se desarrollaron con toda normalidad durante varios años incluyendo la actividad invernal en aguas australes atlánticas y pacíficas que abundaban en cetáceos, pero hacia 1912 algunas diferencias suscitadas entre los principales socios ocasionaron el retiro de Andresen, quien formó su propia empresa cazadora y prosiguió en el negocio compitiendo con sus antiguos asociados.

Estas dos empresas no eran entonces, por cierto, las únicas dedicadas a la caza ballenera. Por esta época, además se contaban entre las que operaban en aguas antárticas la Compañía Argentina de Pesca, organizada en 1903 por el antiguo explorador Carl Anton Larsen, con base en Grytviken, Georgia del Sur; otra chilena, la Sociedad Ballenera de Corral, constituida con capitales chilenos y noruegos, y alrededor de una decena de compañías chilenas, noruegas e inglesas, varias de las cuales tuvieron sus bases de operaciones en Caleta Balleneros, isla Decepción, centro del primer asentamiento humano antártico.¹⁶⁾

Interrumpidas temporalmente las actividades cinegéticas a raíz de la Primera Guerra Mundial, las mismas se reanudaron una vez finalizado el conflicto y alcanzaron el punto más alto de la explotación durante los años 20 con una captura anual de entre 20.000 y

40.000 cetáceos y una producción de aceite de ballena que en la zona antártica alcanzó a las 600.000 toneladas en 1930. Luego se inició la declinación de la explotación que finalmente cesó en vísperas del comienzo de la Segunda Guerra Mundial, para no volver a recuperar más los elevados niveles de los años treinta.

Tras esta referencia a la actividad económica en aguas antárticas corresponde hacer una mención especial al capítulo más estimulante y emocionante de la presencia humana en el territorio polar meridional, como fuera el de la conquista del Polo Sur, que se extendió entre 1907 y 1922, teniendo entre sus protagonistas a hombres ciertamente excepcionales, quienes por su coraje y espíritu científico serían calificados por la posteridad como los más grandes exploradores antárticos: Ernest Shackleton, Robert Falcon Scott, Roald Amundsen y Douglas Mawson, sobre cuyas esforzadas y hasta heroicas empresas corresponde pormenorizar.

El marino británico Shackleton dirigió la primera de las expediciones cuyo objetivo era alcanzar el punto más austral del planeta. Zarpó en junio de 1907 con su nave **Nimrod** en demanda del sexto continente, para establecer su base de operaciones en la tierra de Eduardo VII descubierta por Robert F. Scott en 1901, sobre el cuadrante neozelandés del continente. Desde allí emprendió junto con otros compañeros una esforzada expedición utilizando trineos tirados por caballos ponies siberianos, animales que fueron sacrificados en la medida que los exploradores necesitaban alimentarse. Cuando los caballos se terminaron, los expedicionarios tiraron ellos mismos de los trineos en una marcha penosa en extremo logrando llegar hasta la latitud más alta alcanzada hasta entonces por hombre alguno, esto es, hasta los 88° 23' (9.I.1909), punto desde el que se vieron forzados a emprender el regreso por falta de víveres, cuando solamente les faltaban 168 kilómetros para llegar al Polo Sur. En tanto, otra parte de la expedición conseguía fijar la posición del Polo Magnético Austral en los 72° 25' de latitud sur y 154° de longitud oeste.

Mientras el esforzado Shackleton retornaba a Inglaterra, en junio de 1910 zarpaba desde Cardiff el **Terra Nova**, dando comienzo así a la "Expedición Británica al Antártico", bajo el comando del capitán Robert Falcon Scott, con el objetivo de alcanzar el Polo Sur. Inspirada en un propósito semejante, se había organizado entre tanto en Noruega otra expedición bajo la dirección del afamado explorador polar Roald Amundsen, para lo cual zarpó del puerto de Göteborg (Suecia) el navio **Fram**, el 7 de junio de 1910.

Ambas expediciones arribaron casi simultáneamente a la Antártica, al mar de Ross, para establecer sendos campamentos en sus costas, los ingleses en la tierra de la Reina Victoria y los noruegos en la de Eduardo VII. Comenzó de tal manera una verdadera

carrera hacia el Polo Sur, que inició Amundsen el 19 de octubre de 1910, con un grupo expedicionario que empleaba cuatro trineos tirados por perros. El 7 de diciembre consiguieron sobrepasar la extrema latitud alcanzada antes por Shackleton. Entonces - como lo recordará más tarde el historiador Oscar Pinochet de la Barra - "los valientes exploradores se emocionan y Amundsen escribe en su diario de viaje: "La colonia ha hecho alto, y delante de los trineos el pabellón noruego flamea alegremente al viento, en la claridad del horizonte blanco ¡88° 23' de latitud!, hemos sobrepasado el último punto austral que el hombre haya tocado. Una emoción violenta me sobrecoge ¡lloro como un niño!".⁽⁷⁾

La marcha prosiguió tan exitosamente como hasta entonces y el día 16 de diciembre de 1911 arribaron al Polo Sur. Tras la comprensible emocionada celebración del suceso que culminó con el izamiento del pabellón noruego, Amundsen y compañeros emprendieron el viaje de regreso a la base de la bahía de las Ballenas, que se desarrolló sin contratiempos, desde donde anunciaron al mundo la conquista geográfica del Polo Sur del planeta.

Robert F. Scott entre tanto había emprendido su propia expedición bajo un signo opuesto de fortuna. Inconvenientes y contrariedades de variado tipo hicieron que la marcha fuera más lenta y penosa, consiguiendo finalmente llegar al Polo Sur un mes y un día después que lo habían hecho los noruegos. Embargado el ánimo por la decepción sufrida, el regreso fue asumiendo características progresivas de heroísmo y tragedia que culminaron con la muerte sucesiva de Scott y compañeros, por hambre y frío en marzo de 1912.

Cuando Scott, probablemente el último que sobrevivía, se dio cuenta de que ya no tenía esperanzas de retornar hizo un esfuerzo para escribir cartas a los familiares, a los jefes y amigos. En una de ellas se lee esta frase "El bolsillo de mi vestón guarda un pedazo de la Union Jack que planté en el Polo Sur; entregad un trozo de ella al Rey y otra a la Reina Alejandra"; y esta otra elocuente frase "Mostraremos que los ingleses saben todavía morir valientemente y luchando hasta el fin". El 20 de marzo de 1912 Scott hacía la última anotación en su diario de viaje: "Ya toda esperanza debe ser abandonada. Esperaremos hasta el fin, pero nos debilitamos gradualmente; la muerte no puede estar lejos..." y al pie de la página: "¡Es espantoso, no puedo escribir más!".⁽⁸⁾

La expedición que debía intentar su rescate no consiguió salir sino hasta el mes de octubre de ese año. Siguiendo las huellas que señalaban la ruta no tardaron en encontrar la carpa que albergaba los cuerpos del capitán Scott, del doctor Wilson y del teniente Bowers. "Una vez recogidos los efectos personales y los preciosos apuntes - escribiría después el historiador Armando Braun - los expedicionarios abatieron la tienda sobre los

despojos y encima de aquella mortaja levantaron un montículo coronado por una rústica cruz formada con dos trozos de esquíes. Allí quedaron, cerca del polo que conoció sus éxitos, su martirio y ahora su inmortalidad".⁶⁷⁾

El coraje y los sufrimientos de Scott y compañeros, una vez que se conocieron sus escritos, conmovieron a la humanidad e hicieron de aquél, no de Amundsen, el héroe verdadero de la empresa de conquista polar.

Mientras así acontecía con el infortunado capitán inglés, el australiano Douglas Mawson, veterano explorador antártico, había iniciado en 1911 su propia expedición que se prolongó hasta 1914, tiempo durante el cual exploró amplios sectores de la bahía Commonwealth, quizá el sector más helado del continente, desarrollando notables tareas científicas y de reconocimiento geográfico y sufriendo peripecias que por poco hicieron temer que se repitiera con él la tragedia de Scott. Conquistado el Polo Sur de la manera relatada, el tenaz e incansable Shackleton se propuso hacer la primera travesía completa sobre la Antártica, desde el mar de Weddell hasta el mar de Ross, en un recorrido de tres mil kilómetros.

Partió así desde Londres el 1º de agosto de 1914 a bordo del vapor velero **Endurance** en un viaje que los condujo, en el mar de Weddell, hasta la proximidad de la costa oriental de la península Antártica. No consiguiendo establecer una base terrestre, los expedicionarios debieron permanecer a bordo de la nave, que no tardó en ser aprisionada por el mar congelado - pack ice - . Se inició así y entonces durante meses una deriva en que el hielo movido por las corrientes alcanzó hasta los 62º de latitud, llevando consigo a la embarcación cautiva.

En octubre de 1915 cuando el pack-ice que rodeaba a la nave comenzó a destruirla, Shackleton y la tripulación saltaron sobre un témpano a la deriva para meses más tarde subir a sus botes y alcanzar la isla Elefante donde tuvieron que sobrevivir a la espera de un soñado rescate. Allí debieron soportar durísimas condiciones de vida, lo que movió al intrépido capitán inglés a intentar una empresa arriesgada condigna de su tenacidad: navegar en una barcaza con tres de sus compañeros hasta la isla Georgia del Sur distante 1.200 kilómetros hacia el noreste en procura de ayuda para salvar al resto de sus compañeros. Lo consiguió en un increíble y penoso esfuerzo que sirvió para poner de relieve su temple, su coraje, su fuerza de voluntad y su capacidad de liderazgo, logrando llegar a su objetivo. No encontrando en la base de Grytviken la posibilidad de ayuda que esperaba, Shackleton se dirigió a las Malvinas y posteriormente a Sudamérica, donde finalmente tras varios intentos emprendidos desde Puerto Stanley y Punta Arenas, consiguió

la colaboración de la Armada de Chile, que comisionó al escampavía **Yelcho**, al mando del Piloto Luis Pardo con el que zarpó a fines de agosto de 1916 y logró finalmente llegar hasta la isla Elefante, consiguiendo rescatar al resto de la tripulación del **Endurance** que ya desesperaba por su salvación, en pleno invierno antártico.⁽¹⁰⁾

Años después, en 1922, el incansable Shackleton intentó una nueva expedición exploratoria pero falleció en su transcurso mientras se encontraba en Grytviken, Georgia del Sur. Con su muerte se cerraba el ciclo más heroico y enaltecedor de las exploraciones antárticas.

Entre 1928 y 1941 tuvo ocurrencia un nuevo ciclo de viajes de reconocimiento iniciado con los vuelos pioneros del australiano Hubert Wilkins, desde isla Decepción, operaciones aéreas que repetiría exitosamente el aviador norteamericano Lincoln Ellsworth entre 1933 y 1936, consiguiendo efectuar el primer cruce transantártico por aire.

En 1928 arribó al continente el almirante norteamericano Richard E. Byrd en lo que fue su primera expedición polar que le permitió permanecer hasta fines de 1929, consiguiendo descubrir la tierra de Marie Byrd frente al sector del océano Indico, y las cadenas montañosas que llamó Rockefeller y Edsel Ford. Retornó en 1933 y se mantuvo allí hasta 1935, época durante la que desarrolló nuevos trabajos científicos y exploratorios, y debió soportar pruebas tan arriesgadas como la de permanecer completamente solo cuatro meses y medio en una cabaña situada en los 80° 08' de latitud sur y 163° 57' de longitud oeste.

Por fin, quien había de ganarse un merecido lugar entre los grandes exploradores antárticos, emprendió entre 1939 y 1941 la tercera expedición polar, que fue tan provechosa en resultados científicos y geográficos como las anteriores, y que permitió establecer las primeras bases científicas permanentes en suelo polar. El ciclo exploratorio de este período debe incluir la mención de una nueva expedición australiana con Douglas Mawson a la cabeza, en 1929; la expedición inglesa de John Rymill desarrollada entre 1934 y 1937 en el sector antártico sudamericano, y la alemana dirigida por el capitán Alfred Ritscher en 1939, que operó sobre el frente litoral comprendido entre los meridianos 20° este y 12° oeste, desarrollando un importante trabajo cartográfico.

Hasta ahora se han conocido el esfuerzo humano para adelantar en el conocimiento geográfico y científico del continente antártico y el afán económico por la explotación de sus recursos naturales. Corresponde ocuparse también de lo que fueron los designios e intereses políticos de la presencia humana durante una época del historial antártico.

Razón directa de las correspondientes acciones fueron los reclamos de soberanía

planteados por algunas naciones con intereses polares, tales como Argentina, Australia, Francia, Gran Bretaña, Chile, Noruega y Nueva Zelandia, lo que condujo a la instalación de una seguidilla de bases expresivas de presencia jurisdiccional - que no obstante no obtuvieron el reconocimiento internacional -, durante un lapso comprendido principalmente entre los años de 1940 y 1950, sin perjuicio del desarrollo de coetáneas expediciones exploratorias ya de importancia menor comparadas con las anteriores.

Pero el mayor y más relevante esfuerzo para adelantar en el reconocimiento geográfico y científico de la Antártica, tuvo ocurrencia entre el 1º de julio de 1957 y el 31 de diciembre de 1958, periodo denominado como Año Geofísico Internacional, durante el cual, en un impresionante esfuerzo colectivo en hombres, medios y tecnología del que participaron 67 países, (pero sólo 12 en la Antártica misma) se consiguió un adelanto sorprendente en el dominio geográfico del continente y se establecieron sobre una treintena de estaciones con personal muy calificado y entrenado, que hicieron de la Antártica el mayor laboratorio científico del planeta.

Tan estimulante actividad colectiva sirvió de base para transformarla en una cooperación de carácter permanente y surgió así en 1958 el Comité Científico para las Investigaciones Antárticas, más conocido como SCAR por sus iniciales en idioma inglés. De esta laudable experiencia y del ánimo constructivo que dominaba entre las doce naciones con intereses antárticos: Argentina, Australia, Bélgica, Chile, Estados Unidos de América, Francia, Gran Bretaña, Japón, Noruega, Nueva Zelandia, Sudáfrica y la Unión Soviética, surgió un entendimiento común para llegar a un acuerdo para “congelar” los litigios de soberanía que salvaran las pretensiones o derechos de los países reclamantes, alejando así los riesgos de eventuales incidentes internacionales, y para establecer una forma de cooperación armónica entre los países interesados y las demás naciones que en el futuro quisieran adherir a tales principios.⁽¹⁴⁾

Quedaron de tal manera establecidas las bases para realizar una conferencia internacional ad hoc, que tuvo lugar en Washington durante 1959 y cuyo fruto feliz y auspicioso fue el denominado Tratado Antártico (1.XII.1959). Este notable acuerdo en lo sustancial establece el uso de la Antártica para fines pacíficos, prohibiendo la instalación y utilización de bases militares y la realización de maniobras de ese tipo; abre el continente a la investigación científica y a la cooperación internacional en idéntico sentido; prohíbe las explosiones nucleares y la eliminación de desechos radiactivos; congela las disputas territoriales, conservando los países interesados sus respectivas posiciones jurídicas y prohíbe nuevas reclamaciones de soberanía durante la vigencia del Tratado; establece el

derecho de inspección de las partes para cautelar lo pactado y un sistema de consultas periódicas. ⁽¹²⁾

De esta forma la presencia humana en la Antártica ha alcanzado al fin una digna y noble expresión de ejemplar entendimiento armónico y de cooperación internacional, que ha puesto y pone el adecuado colofón a una meritisima empresa de exploraciones iniciada hace ciento ochenta años en aguas de la Antártica sudamericana.

Notas

- 1) Antes de James Cook, la más alta latitud antártica fue alcanzada por Gabriel de Castilla, zarpando desde Valparaíso y alcanzando en marzo de 1603 los 64° S.
- 2) Una sola nota de inquietud perturbó su descubrimiento: en una playa encontró los restos del navío español **San Telmo**, integrante de una expedición española destinada a luchar contra los patriotas chilenos. Vide Oscar Pinochet de la Barra, «El misterio del **San Telmo** ¿Náufragos españoles pisaron por primera vez la Antártida? Revista Historia año XVI, pp. 31-37, Madrid, Octubre 1991.
- 3) Existe constancia documental de tres desembarques en la Península Antártica: el ya mencionado del **Cecilia**, capitán Davis en febrero de 1821; el del capitán Usher del navío **Caraquette**, en la siguiente temporada 1821-22; y el del **Dragón**, nave de matrícula de Valparaíso, capitán McFarlane, a fines de 1820. Vide Mateo Martinic B. «Interés, preocupación y presencia antártica de Chile. Visión sinóptica, 1494 - 1940». En El Desarrollo de la Antártica, ed. Francisco Orrego Vicuña y Augusto Salinas Araya. Santiago, 1977, p. 39.
- 4) A pesar que la expedición de Drygalski se orientó hacia el Océano Índico y descubrió la Tierra de Guillermo II, Chile aportó todas las mediciones y observaciones de los faros del litoral chileno, del Colegio Salesiano de Punta Arenas, de la Misión de Tekénica y del Observatorio Astronómico de Santiago. Cuando el Dr. Nordenskjöld efectuó sus expediciones fuego-patagónicas, se conversó la posibilidad de una expedición antártica en la corbeta Magallanes con el apoyo de la Sociedad Científica de Chile. Posteriormente, los capitanes de navío Luis Pomar y de fragata Ismael Gajardo propusieron realizar conjuntamente con el salvamento del sabio sueco, operaciones de exploración científica antártica. La segunda expedición de Charcot contó con el apoyo del Observatorio Sismológico dirigido por Fernando Montessus de Ballore. Vide Mateo Martinic B. op. citada, pp. 40-47.
- 5) Se trató de las goletas Archie, capitán Pasle, Pichincha, capitán Vieira y Rippling Wave, capitán St. George. Si se toma como referencia la cosecha de 771 pieles notificada por el capitán Pasle del Archie desde Punta Dungenes y el tonelaje de esa embarcación de sólo 20 toneladas, puede estimarse como muy superior el número obtenido por el Pichincha que desplazaba 100 toneladas y el Rippling Wave con un tonelaje superior a las 124 toneladas. Vide Mateo Martinic «Nuevos antecedentes sobre actividades nacionales en el territorio antártico durante las primeras décadas del siglo», Anales del Instituto de la Patagonia, v. 3 (1-2) pp.31-47.
- 6) A fines del siglo XIX operaron la Compañía Chilena de Balleneros y la Sociedad Ballenera Toro y Martínez cuyo buque Virginia Marks habría naufragado en la Antártica en 1893, según

Luis Thayer Ojeda. Narraciones Históricas. Santiago, 1905; a lo cual se suma la expedición abortada de El Esquimal o el Oso Polar en 1896. Una relación de las compañías balleneras chilenas y noruegas establecidas en Punta Arenas, Chiloé y Valdivia aparece en Mateo Martinic. «Actividad lobera y ballenera en la Antártica americana entre 1904 y 1927». Boletín Informativo n° 8. Instituto Antártico Chileno. 1975, pp. 15-20.

- 7) Oscar Pinochet de la Barra. La Antártica Chilena. Santiago 1976, p. 36, citando a Roald Amundsen. Au Pôle Sud. Paris, 1913, p. 231.
- 8) Robert Falcon Scott, Scott's last Expedition. Londres, 1913 (Diario del 29 de marzo de 1912).
- 9) Armando Braun Menéndez. Pequeña Historia Antártica. Santiago, 1974, pp. 68 - 69.
- 10) Tres fueron las expediciones de salvamento infructuosas: del ballenero Southern Sky, capitán Thorsen, desde Georgia del Sur; del Instituto de Pesca n° 1 de la Marina uruguaya, capitán Elichiri-Behety, desde Montevideo, reaprovisionándose en Port Stanley; y de la Emma, charteada por comerciantes de Punta Arenas, con una tripulación internacional en la cual participó como Tercer Oficial León Aguirre Romero y que fue remolcada hasta el Paso Drake por la Yelcho. La cuarta tentativa coronada con éxito constituyó una comisión oficial de la Armada de Chile, que se anticipó a la expedición oficial de rescate británica que llegó a Montevideo cuando Pardo y la Yelcho ya habían cumplido su cometido.
- 11) El Tratado de Washington de 1959 acogió en su artículo IV la propuesta formulada más de diez años antes por el asesor antártico de la Cancillería chilena Profesor Julio Escudero.
- 12) El Tratado Antártico entró en vigencia el 23 de junio de 1961, al ser ratificado simultáneamente por Argentina, Australia y Chile, los últimos tres signatarios que depositaron su instrumento de ratificación en Washington. El Tratado es permanente, pero después de los 30 primeros años, es posible convocar a una conferencia para su revisión. En lugar de seguir esa opción, las Partes del Tratado han preferido complementarlo con diversos instrumentos, el más reciente de los cuales es el Protocolo al Tratado Antártico para la Protección del Medio Ambiente (1991) que destina la Antártica toda a la paz y la ciencia.

Margaret Baker

Art and adaptation in Polar Regions

The harsh conditions in polar regions create many challenges to successful adaptation important to building safe and prosperous communities.

The environment in polar regions demands that people adapt to extreme cold, long periods of dark and light, and a visual landscape that remains constant. These conditions require that groups of people learn to live in close proximity to each other while having limited contact with communities outside their own. The unique living conditions further heighten the challenges of learning to maintain a healthy balance of solitude and solidarity important for the well-being of each community member. While mindfulness and community effort toward this balance can manifest itself in the best a community can offer, the risk of depression, loneliness, dissatisfaction, and violence to self and others is heightened. The arts in schools and in communities create important stimulus to help combat these conditions, and expression through art is an important means of adaptation.

Evidence in the form of written art, sociological studies of communities, and personal interviews of people living in extreme conditions show that dedication to providing a consistent means of artistic expression is important to building healthy communities.

Rubén Stehberg

Investigaciones Arqueológicas Chilenas en las Islas Shetland del Sur

Abstract

The following information is a chronologic synthesis of the archaeological studies program done by Chile in the South Shetland Islands during the last two decades of the 20th century, in whole results are found scattered on different foreign and national scientific publications.

We analyze the cultural materials found on the historical settlements and discuss human participation originating from the American Southern end in the mammals pelagic hunt campaigns of the early 19th century.

Resumen

Se proporciona una síntesis cronológica del programa de estudios arqueológicos realizados por Chile en las Islas Shetland del Sur durante las dos últimas décadas del siglo XX y cuyos resultados se encuentran dispersos en distintas publicaciones científicas nacionales y extranjeras. Se analizan los materiales culturales extraídos de los asentamientos históricos y se discute acerca de la participación de contingentes humanos procedentes del extremo sur americano en las campañas de cacería de fauna pelágica del siglo XIX.



Fig. 1: Localización geográfica de los sitios históricos nombrados en el texto

Introducción

Chile realiza investigaciones sistemáticas de Arqueología Histórica en las Islas Shetland del Sur desde 1983 (Figura 1). Su objetivo es identificar los restos materiales- arquitectónicos y artefactuales- que perduran de los primeros hombres que llegan a dicho territorio antártico, a partir de 1819 y, a través de estos vestigios culturales, intentar reconstruir algunas de las características que adopta esta actividad económica en este medio tan inhóspito. Esta actividad es llevada a cabo por marinos de origen inglés y norteamericano, principalmente. Uno de los objetivos específicos es poder determinar si son reclutados habitantes del extremo sudamericano para participar como gente de mar aprovechando su bajo costo y su excelente adaptación al clima frío y lluvioso de la zona.

En este sentido la hipótesis principal que sustenta el programa dice relación con el enrolamiento de mano de obra indígena de hábito marino y economía ictiófaga (indios yaganes, haush, kaweskar, chonos, chilotes y/o huilliches costeros) para colaborar en las actividades de caza, preparación de pieles y extracción de grasa animal, aprovechando la milenaria adaptación de estos grupos a las condiciones frías del extremo sudamericano y al conocimiento de la etología de estos animales que les sirven de sustento. Dado que esta participación no ha quedado registrada en los medios escritos de la época (Bertrand, 1971; Jones, 1981) se estima que la arqueología dispone de las herramientas necesarias para probar o refutar esta hipótesis. Por ello los trabajos en terreno se encaminan a ubicar los refugios donde estos cazadores acamparon temporalmente, mientras que los trabajos de laboratorio se orientan a identificar el posible origen y antigüedad de los materiales.

Dado que los resultados de las investigaciones se han ido publicando paulatinamente en distintos medios científicos nacionales y extranjeros, encontrándose la información dispersa, constituye el fin de este artículo proporcionar una síntesis cronológica de las actividades realizadas y sus resultados.

El inicio: hallazgo fortuito de dos puntas de proyectil

En 1972, 1973 y 1975 un grupo de biólogos chilenos encabezados por el Dr. Victor Ariel Gallardo, investigador del Departamento de Oceanología de la Universidad de Concepción, extraen muestras bentónicas de bahía Almirantazgo (isla Rey Jorge) y Bahía Chile (Isla Greenwich), ambas en las islas Shetland del Sur. Las muestras son analizadas en el laboratorio de esa universidad el año 1977, hallándose en aquel momento, dos puntas de proyectil de clara manufactura aborigen (Figura 2). De acuerdo a la información proporcionada por el biólogo en enero de 1981, la procedencia exacta de la muestra de Bahía Almirantazgo proviene de uno de los siguientes muestreos:

- 16.01.1972 a los 62°10'4" L.S.58°35'2" L.W. a 60 m de profundidad
- 01.1975 a los 62°10'36" L.S.58°35'04" L.W. a 70 m de profundidad
- 01.1975 a los 62°09'13" L.S.58°35'45" L.W. a 60 m de profundidad



Fig. 2: Puntas de proyectil cuyo origen probó no corresponder al inicialmente considerado. Izquierda, reverso perfil y anverso de artefacto supuestamente procedente de Bahía Chile. Derecha, reverso, perfil y anverso de artefacto supuestamente procedente de Bahía Almirantazgo

En todos estos casos la matriz correspondió a un fango fino, con rocas y arenisca verde.

En Bahía Chile se efectúan muchos rastreos bentónicos pudiendo provenir el artefacto indígena de cualquiera de ellos.

Previendo la importancia científica de estos hallazgos, el Dr. Gallardo envía los materiales arqueológicos al Instituto Antártico Chileno (INACH) para que disponga del estudio especializado de las piezas.

Los artefactos líticos son remitidos inicialmente, al Departamento de Antropología de la Universidad de Chile y luego, para una investigación más exhaustiva, al Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, el año 1982. Esta última institución comisiona al autor de este artículo para estudiar el problema.

La falta de contexto de las piezas impide su adecuada interpretación. Este hecho lleva al investigador a solicitar al INACH ser trasladado al lugar donde se efectuaron los hallazgos y ya en el lugar obtener mayor información, ya que de otro modo sería prácticamente imposible pronunciarse sobre el origen y antigüedad de estos artefactos, pese a que los análisis que se practican señalan inequívocamente su origen indígena.

Los meses que preceden al viaje se aprovechan para recopilar antecedentes. Se realizan entrevistas a investigadores antárticos y se revisa parcialmente la bibliografía existente, con el objeto de ir a terreno con una batería de hipótesis que puedan explicar el origen de estos instrumentos indígenas en la remota zona. Los investigadores Daniel Torres, Víctor Villanueva, José Yáñez y Angel Cabeza aportan muy buenas ideas. Se efectúa un viaje de recolección de información a Punta Arenas y Puerto Williams, lugar este último donde se consultan antiguos libros de la ex Capitanía de Puerto Navarino y se visita a los indios yaganes de Ukika. El resultado de estas conversaciones y de las lecturas dan origen a un artículo en que se discuten las distintas posibilidades teóricas de un eventual contacto indígena con estas tierras (Stehberg, 1983b). A continuación se proporciona un resumen de las hipótesis manejadas:

1.- La propuesta de Mendes Correa y Paul Rivet (1969:96-111) del poblamiento americano desde Australia, vía navegación primitiva de isla en isla por el contorno antártico

aprovechando las mejores condiciones medioambientales que ofrece el Optimo Climático (6.000-2.000 a.C.)

2.- Posibilidad de que indígenas canoeros de los canales fueguino-patagónicos hubieran arribado por sus propios medios a las islas Shetland del Sur en el periodo anterior prehistórico. Ello pudo haberse favorecido por las siguientes circunstancias:

- milenaria tradición náutica, dieta ictiófaga y excelente adaptación al clima frío
- capacidad de permanecer varios días en alta mar
- presencia en el paso Drake del viento y de la corriente marina conocida como

Deriva de Viento del Oeste, que alcanza una intensidad superior a los 52 cm/seg de dirección sur y responsable de la mayoría de los desvíos y arrastres conocidos de naves desde el Cabo de Hornos hacia el extremo nororiental antártico

- existencia de condiciones climáticas más benignas durante algunos momentos del Holoceno.

3.- Traslado en tiempos históricos de indígenas del extremo meridional de Sudamérica como mano de obra auxiliar por parte de loberos y foqueros de origen inglés y norteamericano en los primeros años del siglo pasado.

4.- Contingencia de que un mamífero marino que hubiese sido arponeado o impactado por un proyectil aborigen en el extremo sur del continente americano, sobreviviera a la cacería conservando en forma de enquistado el artefacto, pudiendo trasladarlo hasta las Shetland del Sur en uno de sus habituales desplazamientos por el Paso Drake entre las zonas en referencia.

5.- Eventualidad de que alguien arrojase algún objeto arqueológico en territorio antártico por descuido o con propósitos poco claros, como por ejemplo, realizar un fraude científico.

Con esta batería de hipótesis se llega a la base Presidente Frei de la Fuerza Aérea de Chile, el 20 de enero de 1983. En el hotel de esa base el ambientalista Rodney J. Walker proporciona al autor información relativa a la existencia de campamentos rudimentarios dispersos en varios puntos de la isla Rey Jorge y le muestra dos refugios relativamente cercanos a la base (istmo Ardley y costa norte de la isla Rey Jorge).

El 26 de enero, en un vuelo en helicóptero chileno de unos 45 minutos, se llega a la base polaca Arctowsky en Bahía Almirantazgo. En un pequeño buque oceanográfico polaco equipado con rastra, se visita el lugar de uno de los hallazgos y se extrae muestras bentónicas a 10, 20 y 65 m de profundidad, frente a la isla Dufayel. Asimismo se realizaron exploraciones en esta isla y en la playa que la enfrenta por el sur donde un grupo italiano construyó un refugio en 1977.

El reconocimiento de terreno descarta la posibilidad de existencia de un sitio de ocupación humana a 60 m bajo el agua o en sus alrededores inmediatos. La isla Dufayel, además, es inadecuada para el asentamiento humano. Los sondeos efectuados cada 10 m de profundidad mostraron un talud pedregoso muy abrupto entre los 0 y 40 m y de allí en adelante apareció la matriz fangosa-rocosa bentónica descrita por el Dr. Gallardo.

Los sedimentos y rocas extraídos del fondo marino son analizados en laboratorio y comparados con aquellos adheridos a los artefactos indígenas. Los resultados obtenidos son publicados (Stehberg, 1983a, 1983c, Stehberg y Nilo, 1983). Un resumen de los análisis efectuados se proporciona a continuación.

Cuadro N° 1

Tabla comparativa de las características relevantes de los objetos arqueológicos y de la muestra extraída del fondo marino

CARACTERÍSTICA	PUNTA DE BAHIA ALMIRANTAZGO	PUNTA DE BAHIA CHILE	SEDIMENTO MARINO DE BAHIA ALMIRANTAZGO
Materia prima	Roca volcánica máfica de grano fino (basalto o andesita)	Cuarzo lechoso	Material inorgánico sedimentario y limo-arena, cuarzo, granos líticos y restos esqueléticos de diatomeas y espículas de esponja
Morfología	Triangular alta, 41x17x16,3 mm.	Biconvexa asimétrica alta, denticulada, punta redondeada, base quebrada, 33,5 x 19,6 x 9 mm	
Tecnología	Astillamiento bifacial, retoque expandido, astillamiento irregular semicontinuo, suave, ángulo del borde agudo, punta roma. Huellas de uso en los bordes con restos de materia orgánica.	Trabajo bifacial a presión, cicatrices concoides con astillamiento regular, continuo y suave, ángulo oblicuo. Huellas de microdesgaste y brillo distal opaco que indican uso.	
Función	Cuchillo y punta de proyectil (multifuncional)	Punta de proyectil	
Meteorización	Fuerte meteorización química y diferentes grados de pátina en distintas partes del filo	Brillo excesivamente fuerte. No presenta meteorización.	No exhiben meteorización química
Incrustaciones	Sedimentos limo-arcillosos	No presenta	Incrustaciones salinas y bentónicas en las rocas y granos líticos

Este cuadro muestra diferencias importantes entre los objetos arqueológicos y las muestras de referencia que proceden del fondo marino. Las extraídas del mar presentan incrustaciones salinas y bentónicas (formas vivientes) y nula meteorización química. Estas características no aparecen en ninguno de los artefactos líticos en estudio. Incluso uno de éstos (punta procedente de Bahía Chile) presenta fuerte meteorización química y diferentes grados de pátina en los filos, lo que indica que estuvo expuesta mucho tiempo a la intemperie. Al respecto, cabe mencionar que la meteorización química es muy baja en la Antártica. La segunda exhibe un brillo excesivamente fuerte producto de su utilización humana, atributos que no estarían presentes de haber estado un tiempo bajo el agua y sometido a la erosión del fondo marino, en cuyo caso el brillo sería opaco, pátina más pareja y borde desgastado. Así, queda completamente descartada la posibilidad de que

los artefactos arqueológicos provinieran de las islas Shetland del Sur como se había inicialmente supuesto.

Para que no quedara ninguna duda sobre este caso se procede a efectuar otros análisis aún más finos. Aprovechando que el artefacto indígena de bahía Almirantazgo presenta incrustaciones limo-arcillosas en sus concavidades, se procedió a analizarlas petrográficamente a objeto de determinar si existía alguna correspondencia entre ambas. El estudio fue realizado por el Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de Chile y el resultado fue el siguiente (Stehberg y Nilo, 1983:68,73-76):

Cuadro N° 2
Análisis comparativo del sedimento submarino de Bahía Almirantazgo
y del material adherido al artefacto indígena.

CARACTERISTICAS	SEDIMENTO SUBMARINO	MATERIAL ADHERIDO A ARTEFACTO INDIGENA
	Descripción	Macroscópica
Color	5 y 6/1	194R 4/4
Granulometría	Muy heterogénea	Muy fina
Limo-arcilla	50-60%	-
Fracción arenosa	10-20%	-
Gravilla-grava	20-30%	-
Consistencia	-	Untuoso, grasoso (materia orgánica)
Líticos (volcánicos)	50-60%	-
Cuarzo	10-20%	-
Feldespatos-plagioclasa	10-20%	-
Restos orgánicos	10%	-
Magnetita	5%	-
Pirita	2-5%	-
	Descripción	Microscópica
Granos líticos	15-20%	-
Esqueletos silíceos orgánicos	10-15%	-
Espículas de esponja	2-5%	-
Feldespatos-plagioclasa	10-15%	10-15%
Ferromagnesianos (biotita y anfíbolos)	5%	-
Magnetita-pirita	5%	-
Rutilo	Trazas	-
Materia amorfa traslúcida (materia orgánica)	-	70-80%
Vidrio volcánico y opalina	5%	-
Cuarzo-diorita	-	Trazas

Al comparar los resultados arrojados en el Cuadro 2, los expertos concluyen que ambas muestras "no guardan ninguna relación entre sí y que corresponden sin lugar a dudas a materiales totalmente diferentes. Esta falta de equivalencia se reconoce en la fracción fina, representada por materia orgánica en la punta de flecha y por materia inorgánica-sedimentaria en la muestra submarina como en el caso de las fracciones más gruesas que quedan comprendidas en el rango de los limos y las arenas. En estas últimas

fracciones las diferencias se hacen notorias desde el punto de vista de la composición de los granos constituyentes: es así como el sedimento submarino está constituido principalmente por cuarzo, restos esqueletarios silíceos de diatomeas y espículas de esponjas y fragmentos líticos, mientras que estos mismos componentes están ausentes en los granos del material que recubre superficialmente la punta de flecha. Estas diferencias, que han sido observadas microscópicamente, se complementan además con otras observaciones realizadas en la lupa binocular; entre éstas se cuenta la diferencia de coloración determinada según Carta de Colores en cada muestra y también el tipo de comportamiento físico de tipo untuoso o ceroso que presenta el material de la punta de flecha. Las diferencias observadas en los dos tipos de materiales permite apoyar la idea de que la punta de flecha no procede en realidad de bahía Almirantazgo” (op. Cit. : 76).

Tipológicamente, es decir la familia o clase de proyectiles a la que pertenecen, los artefactos son bastante diferentes: uno posee bordes dentados y posiblemente fue apedunculado; el otro presenta un leve pedúnculo apenas insinuado. Ambas son pequeñas y están imperfectamente realizadas. Este tipo de artefactos fue de baja utilización entre los pueblos canoeros del extremo sur, los cuales preferían la utilización de otro tipo de armas y materiales para cazar, como fue el harpón de hueso. Incluso el cuarzo fue escasamente conocido por ellos. En cambio, tipos similares son comunes en la zona central y centro-sur de Chile, e incluso en la misma bahía de Talcahuano, donde está el laboratorio donde se procesaron los materiales bentónicos y fueron encontradas las puntas.

En consecuencia, los estudios de terreno y laboratorio descartan categóricamente que los hallazgos en cuestión provengan de las islas Shetland del Sur. Dicho objeto debió ser introducido por terceros en el interior de las bolsas con material bentónico, con posterioridad a la extracción de las mismas, ya sea en el buque en que el Dr. Victor Ariel Gallardo viaja de regreso al continente americano, o luego en su laboratorio. Corresponde, aparentemente, a un fraude científico, el cual es detectado oportunamente y que inscribe este caso entre otros muy famosos que han ocurrido en la historia de la investigación arqueológica mundial. El resultado se correspondió con la hipótesis N° 5, la menos esperada y trascendente de todas.

El título colocado al artículo “Procedencia antártica inexacta de dos puntas de proyectil” resulta confuso para muchos lectores, especialmente para algunos investigadores de otros idiomas, que entienden exactamente lo contrario a lo propuesto, es decir que los hallazgos eran ciertos y dan por hecho los descubrimientos. La investigación recibe la siguiente cobertura periodística nacional: El Mercurio 21.07.1982:C2; La Nación 21.07.1982:4; La Tercera 21.07.1982:9; La Segunda 26.07.1982:17.

Pese a lo desmoralizador que resultan los resultados obtenidos, INACH decide continuar las investigaciones arqueológicas en las islas Shetland del Sur, por estimar que la posibilidad de llegada de grupos indígenas merece ser estudiada más a fondo. Por lo demás, los campamentos y refugios históricos se habían conservado en distintos puntos del archipiélago y hasta esa fecha ningún país se había interesado en su estudio. La búsqueda va a girar en torno a la hipótesis N° 3, ya planteada.

Primera Excavación Arqueológica en la Antártica

En enero de 1984, el equipo de arqueólogos formado por Angel Cabeza y Rubén Stehberg, arma campamento junto a las ruinas del campamento lobero que se había reconocido anteriormente en la costa norte de la isla Rey Jorge, a unos 5 km al NE de la base Presidente Frei de la Fuerza Aérea de Chile. La presencia de cuatro estructuras con muros de piedra, similares a las que se encuentran dispersas a lo largo de toda el área andina meridional, los lleva a denominar el sitio "Cuatro Pircas", aludiendo al nombre que se le da a este tipo de arquitectura en el continente americano.

Los trabajos en terreno se inician con la recolección superficial de materiales, la excavación estratigráfica con hameo del sedimento de cada una de las unidades arquitectónicas, el levantamiento con huincha métrica y brújula de la instalación y el reconocimiento arqueológico de las playas vecinas. Luego del traslado y análisis en laboratorio de los materiales exhumados se publican los resultados (Stehberg y Cabeza, 1987). Un breve resumen de este trabajo es el siguiente:

Localización y descripción: La instalación se emplaza en el extremo oriente de una amplia playa que enfrenta al Paso Drake, al pie del acantilado de 15-20 m de altura que cierra la playa en aquel extremo, a una distancia de 80 m de la orilla actual del mar y recibe los vientos del W.

La instalación consta de cuatro recintos (A, B, C y D) construidos en técnica de pirca seca (muro de piedras superpuestas sin mortero o argamasa), cubriendo una superficie de 200 m². Los tres principales se presentaron alineados en sentido E-W y equidistantes entre sí.

El Cuadro 3 permite formarse una idea bastante aproximada de cómo se estructura el campamento y la función de sus recintos. El trazado sigue un plan previo que tuvo en cuenta la orientación cardinal (dirección E-W), la dirección de los vientos (el emplazamiento está dispuesto para enfrentar de mejor forma los vientos dominantes del W), la visibilidad (amplio dominio de la playa y del mar circundante), protección (al pie de un acantilado), utilización de material local (la roca de construcción fue obtenida en el mismo lugar) y una separación bastante regular entre los distintos recintos.

El análisis de los materiales obtenidos permitió inferir la función probable de los recintos: la estructura A, al presentar un cimientito con muro muy bajo, sin piedras caídas en su contorno que sugirieran que este fue más elevado, completamente cerrado sin vano de acceso y únicamente con restos de pieles de lobo fino en su interior (nada en su exterior), llevó a postular una función de bodega de pieles. Los restos de fogones, restos de alimentos y otros materiales en el interior y exterior de la estructura B, le asignó una primera función de cocina-comedor y quizás, dormitorio para una o máximo dos personas. Al parecer el recinto fue cubierto con una lona, cuyos restos aún permanecían al momento de la excavación (Figura 3). La función de las estructuras C y D fue mucho más hipotética debido a su mal estado de conservación y ausencia de restos culturales, salvo las dos vértebras de ballena.

Cuadro N° 3
Estructuras arquitectónicas y material cultural asociado al sitio histórico Cuatro Pircas

CARACTERÍSTICA	ESTRUCTURA A	ESTRUCTURA B	ESTRUCTURA C	ESTRUCTURA D
Ubicación	A 15 m al W del pie del acantilado	A 21 m. al W del pie del acantilado	A 25 m al W del pie del acantilado	A 10 m al NW de la estructura C
Forma	Cuadrangular	Semicuadrangular	Irregular, aparentemente tuvo división interior	Cuadrangular pequeña
Dimensión interior	2 x 2,5 m	5,5 x 5 m	3 x 5 m	0,30 x 1,0 m
Muros	Sólo cimiento formado por 1 hilada de piedras de 20 x 30 cm. rematada por una mayor en cada esquina	Muro construido directamente sobre nivel de playa, formado por 3 y 4 hiladas de piedras sin ordenamiento, alcanzando 0,70 m de altura y 1 m de ancho	Muro de 20-30 cm de ancho	Muro de 20-30 cm de ancho
Vano de acceso	No tiene	Costado E. 1,5 m de abertura		Abierta al N
Estado de conservación	Buena, sin piedras caídas	Regular, piedras derrumbadas en el lado W.	Mala, muy destruido, enfrenta los vientos del W	Regular
Recolección de superficie	Culturalmente estéril	Culturalmente estéril	Dos vértebras de ballena	Culturalmente estéril
Excavación primer nivel	3-18 cm: fragmentos de piel de lobo fino	3-15 cm: fragmentos de tela gruesa en mal estado de conservación	1-5 cm: escasos restos malacológicos no culturales	0-5 cm: corcho antiguo
Excavación segundo nivel	19-23 cm: piso ocupacional compacto culturalmente estéril	16-20 cm: piso ocupacional compacto y restos de carbón, tejidos, pieles, clavos, cueros, madera y sobador de metal	6-10 cm: nivel de playa culturalmente estéril	6-10 cm: nivel de playa culturalmente estéril
Excavación tercer nivel	24-30 cm: nivel de playa culturalmente estéril	21-30 cm: nivel de playa culturalmente estéril		
Excavación de trinchera exterior	Culturalmente estéril	Superficie: fragmentos de lona, de marmita de fierro y madera 3-15 cm: trozos de loza y pieles, restos de fauna 15-25 cm: nivel de playa estéril		
Función inferida	Bodega de pieles	Cocina-comedor y dormitorio	Dormitorio	Bodega para barril (aceite de foca?)

Estos grandes huesos fueron usualmente utilizados como asientos. Justamente estos asientos y la ausencia de otros restos permitió proponer para la estructura C la función de dormitorio. El pequeño tamaño de la estructura D y la presencia de un corcho grande en su interior, le asignó una función de bodega, quizás de un barril para guardar aceite o similar. La estratigrafía del depósito arqueológico mostró que la instalación fue ocupada por un mismo grupo humano por un corto período (una o dos campañas sucesivas).



Figura 3: Estructura o "pirca" b de la instalación lobera del siglo XIX denominada "Cuatro Pircas"

¿Quiénes construyeron y ocuparon esta instalación y en qué fecha?. La respuesta, aunque no categórica, provino de los análisis de laboratorio.

Maderas: se obtuvo de "Cuatro Pircas" más de un centenar de trozos de madera, fragmentados y mal conservados, de los cuales un 50% exhibió tratamiento previo (parte de tablas y listones) y evidencias de exposición al fuego. Cinco de ellas fueron seleccionadas por Iván Ulloa, académico del Departamento de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile, para su correspondiente identificación microscópica. Un resumen de los resultados se proporcionan a continuación:

Cuadro N° 4

Identificación de maderas procedentes del sitio cuatro pircas

CARACTERÍSTICA	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
Especie	<i>Picea excelsa</i> . Link: familia Pinaceae	<i>Pinus lambertiana</i> Dougl; familia Pinacea	<i>Truja occidentalis</i> Dougl; familia Cupressacoae	<i>Pinus lambertiana</i> Dougl; familia Pinacea	<i>Pinus silvestris</i> L. Familia Pinaceae
Procedencia	Nórdica (Suecia, Finlandia y Rusia). Fue tempranamente introducida en Norteamérica (Alaska, Canadá, Rocallosas, Apalaches)	Originario del W americano desde Oregón hasta California	De origen norteamericano se encuentra en Canadá y EEUU (Nueva Jersey, Carolina del Norte y Tennessee)	Originario del W americano desde Oregón hasta California	Nórdica (Suecia, Finlandia y Rusia). Fue introducida en Norteamérica (Canadá, NE de EEUU desde Massachusetts hasta Nueva York.

Cuadro N° 5
Sectores excavados de Playa Yámana

Lugar	Ubicación	Distancia al mar	Característica	Principales hallazgos	Tamaño cuadrícula
1	74 m al W del límite E de Playa Yámana	25 m	Arenoso-pedregoso, pie del cerro Gaviota	Cráneo humano	1.5 x 1.5 m
2	136 m al W del límite E de Playa Yámana	51 m	Abrigo rocoso N° 1	Huesos de lobo fino, cerámica vidriada clavos, cuero	2 x 3 m
3	110 m al W del límite E de Playa Yámana	8 m	Abrigo rocoso N° 2		2x 3 m
4	180 m al W del límite E de Playa Yámana	60 m	Playa arenosa	Dos fémures humanos	5 cuadrículas de 1 x 1 m c/u
5	74 m al W del límite E de Playa Yámana	35 m	Oquedad rocosa natural en la base Cerro Gaviota		1 x 1 m
6	125 m al W del límite E de Playa Yámana	50 m	Ligero alero en la pared vertical del cerro Gaviota		1 x 1 m
7	150 m al W del límite E de Playa Yámana	60 m	Caverna natural en la base del cerro		1.5 x 2 m
8	170 m W del límite E de Playa Yámana	50 m	Abrigo natural		1.5 x 2 m

Se excava siguiendo una estratigrafía natural de 5 en 5 cm. La totalidad del sedimento es harneado en criba de 0.5 x 0.5 cm (Figura 5). Los materiales excavados se resumen en la siguiente tabla:



Fig. 5: Excavaciones arqueológicas en los aleros de Playa Yámana (Cabo Shirreff)

Cuadro N° 6
Materiales culturales encontrados en los abrigos 1 y 2 de Playa Yámana
(Enero 1984)

Nivel (cm)	Cuadrícula	Abrigo 1	Cuadrícula	Abrigo 2
0-5	1	Tabla de madera con tornillos y tuercas de bronce	1A	Fragmento pequeño de loza de 2 x 4 mm Talón de zapato de cuero
6-10	2		1B	Fragmento de taco de zapato (cuero), 8.5 x 10 cm
11-20			1A	Suela de zapato de 16.3 x 7.3 cm
			1A	Cordón trenzado de lana para zapato (7 cm) Cerámica vidriada roja (Caneca), 6,5 x 8 x 0.5 cm Trozos pequeños de cuero Madera carbonizada Conjunto de huesos de lobo fino 12 Escápulas de lobo fino
			1B	Fragmento cerámica vidriada café claro (caneca), 3.7 x 3 x 0.6 cm
				Fragmento de lámina pequeña de metal
				Clavo pequeño sección cuadrada 3.5 x 0.5 cm
				Trozo de cuero
15-20	1	Trozo pequeño de madera		
		Fragmento de roca de pumicita		
20-25	1	Roca Pumicita		
		Mitad de corcho de botella		
		Fragmento de madera		
21-30			1B	Fragmento cerámica vidriada café (caneca), 2 x 1.5 x 0.4 cm
				Asa de caneca rojo
				Fragmento loza color azul, 2 x 3 cm
				Fragmentos piel de lobo fino
				Trozos de paja y madera
				Trozo de base de botella de vidrio, 6 x 6.7 x 0.5 cm
				Fragmento vidrio color verde claro, 4.8 x 2.8 x 0.3 cm
				Fragmento vidrio color verde claro, 3.5 x 5.5 x 0.3 cm
				4 fragmentos color verde claro pequeños
				Fragmento vidrio color verde oscuro, 5.3 x 0.4 cm
				Fragmentos de vidrio pequeños
Trozo de vidrio verde opaco				

21-40		1A	Trozos pequeños de piel de lobo fino Cerámica vidriada roja (caneca), 6,3 x 7,5 x 0,5 cm 3 trozos pequeños de madera Trozos pequeños de cuero Madera quemada
-------	--	----	--

La interpretación de los resultados es bastante interesante. De los ocho sectores excavados, sólo los abrigos 1 y 2 proporcionan restos culturales representados por los siguientes materiales: fragmentos de botellas antiguas de vidrio oscuro para guardar ron, pedazos de cerámica vidriada correspondiente a botellas para guardar gin; objetos de fierro (clavos), partes de zapatos de cuero y agrupaciones intencionales ordenadas de partes seleccionadas de lobos finos de dos pelos (omóplatos, escápulas y vértebras). Estos vestigios corresponden en su totalidad a restos de los cazadores de lobos y focas del periodo del siglo XIX y estaban presentes en todos los estratos excavados, a excepción del Abrigo 1, que exhibió en superficie restos de una lata sin abrir de la bebida gaseosa Coca-Cola.

Aparte de la presencia circunstancial y reciente de los portadores de la mencionada bebida de fantasía, los únicos seres humanos que habitaron durante varias temporadas playa Yámana, corresponden a los cazadores de lobos y focas del siglo XIX y, en consecuencia, lo más probable es que la joven fallecida formara parte de uno de estos grupos. Las excavaciones no proporcionaron evidencia de naufragos del San Telmo; tampoco de otras piezas del esqueleto humano ni rastros de su lugar de entierro de la mujer en referencia. Su hallazgo representa la mejor evidencia que se dispone hasta la fecha de que personas del extremo sur americano, hayan sido reclutadas por los cazadores procedentes del hemisferio norte, como gente de mar y mano de obra barata y trasladados a la Antártica para apoyo de las faenas extractivas.

Arqueozoología

Un importante estudio de los restos óseos faunísticos que, como se mencionó anteriormente aparecen agrupados y apilados intencionalmente, es realizado por la arqueozoóloga Isabel Cartajena del Departamento de Antropología de la Universidad de Chile siendo publicado como parte del artículo de Stehberg y Lucero (1996:70-73). Destaca en el análisis realizado la presencia de huellas de corte en los huesos que corresponden a un patrón muy regular y uniforme (Figura 6). Se proporciona un resumen de su informe en el Cuadro 7.

De la lectura del Cuadro 7 se deduce lo siguiente:

En el abrigo 1 se observan escasos restos óseos destacando una concentración intencional de 6 escápulas junto a la pared del abrigo entre los 10 y 20 cm de profundidad. El número mínimo de individuos presentes es dos.

Cuadro N° 7
Distribución de restos óseos de lobo fino encontrados en las diferentes cuadrículas
y niveles de los Abrigos 1 y 2 de Playa Yámana

HUESOS		ABRIGO 1				ABRIGO 2
		C1		C1A		C1B
		0-10	11-20cm	21-40 cm	41-60 cm	21-40 cm
FEMUR	D	0	1	5	1	7
	I	1	1	5	6	17
TIBIA	D	0	1	0	0	3
	I	0	1	0	0	1
PERONE	D	0	4	4	0	7
	I	1	5	2	0	10
HUMERO	D	1	14	7	0	3
	I	0	17	6	1	7
RADIO	D	0	10	10	4	5
	I	0	9	12	2	7
PELVIS	D	0	10	10	4	7
	I	0	2	6	0	6
MANDIBULA	D	0	0	6	1	2
	I	1	0	11	1	8
MAXILAR	D	2	1	0	0	2
	I	1	1	0	0	3
TOTALES		9	84	87	19	109

De acuerdo a la arqueozóloga Isabel Cartajena, los restos óseos fueron los siguientes (D=derecha, I= izquierda)

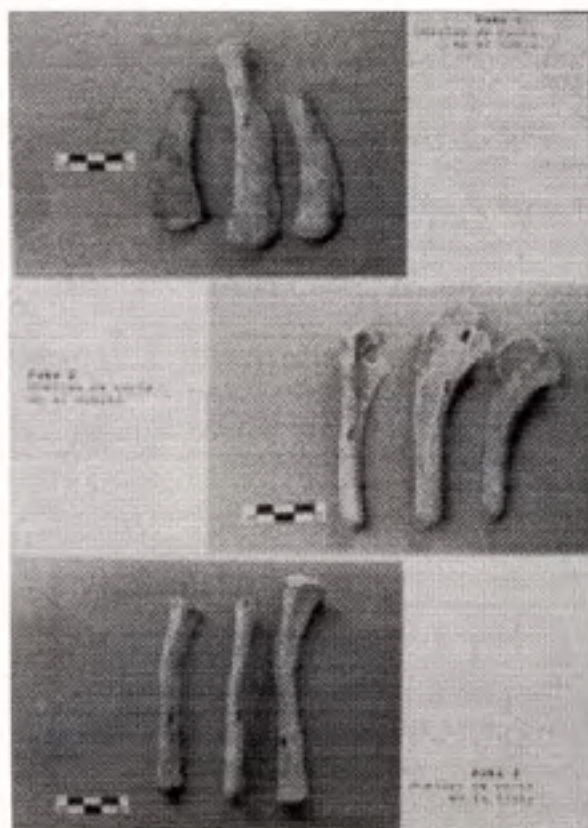


Fig. 6: Restos de huesos de lobo fino con huellas de corte con cuchillo de Playa Yámana

El abrigo 2 evidencia una notable concentración de restos óseos en C1A, entre los 10 y 40 cm de profundidad (171 huesos), correspondiendo en un 62.6% del total del conjunto a extremidades superiores, apenas un 17 % de las extremidades inferiores y muy escasa presencia de otras partes del animal. El número mínimo de animales presentes es 31. En C1B se observa una gran concentración ósea entre los 20 y 40 cm de profundidad (109 huesos), de los cuales 41.3% corresponde a extremidades inferiores versus 33% para las extremidades superiores.

Con relación a restos óseos de otros mamíferos, se encuentran dos epífisis de huesos, correspondientes a foca (sp?) y vacuno, con evidencia de cortes intencionales en C-1a, nivel 10-20 cm y 21-40 cm, respectivamente.

Cuadro N° 8
Costillas de lobo fino antártico encontradas en las diferentes cuadrículas
y niveles estratigráficos de los abrigos 1 y 2

ABRIGO 1	ABRIGO 2			
	C-1	C-1A		C-1B
		10-20 cm	21-40 cm	41-60 cm
7	26	25	0	60+200

Análisis de las huellas de corte en los huesos. En la determinación de las huellas de corte se tiene en cuenta los siguientes criterios:

- Cuereo: las marcas se ubican donde es más operativo desollar el animal, generalmente en las extremidades inferiores beneficiando las partes de acuerdo al uso que se les da.
- Desarticulación: las marcas se encuentran en los lugares de inserción muscular y tendones cerca de las articulaciones.
- Despostamiento y consumo: las marcas se acomodan de acuerdo a los requerimientos alimenticios del grupo (consumo de carne, grasa, etc.) en general, donde el rendimiento sea mayor.
- Huellas de cuchillo metálico: se caracterizan por un canal con sección transversal en V con lados que convergen en la parte inferior. La sección transversal se presenta simétrica o asimétrica dependiendo del ángulo con que se utiliza el artefacto. En general son estrechas y superficiales, dependiendo del largo de la hoja del agente productor.

Como resultado de los análisis se deduce que del total del conjunto sólo el 4.07% presenta huellas de corte. Estas se presentan en las siguientes unidades anatómicas: Radio 21%; Cúbito 19%; Tibia 23%; Mandíbula 3%; Cráneo 4%; Escápula 9%; Costillas 2% y Húmero 5%.

Las huellas dejadas por un cuchillo metálico presentan gran uniformidad y están caracterizadas por un canal con sección transversal en V con lados que convergen en la parte inferior. La sección transversal se presenta simétrica o asimétrica dependiendo del ángulo con que se utiliza el artefacto. En general son estrechas y superficiales; sin embargo, el ancho y profundidad dependen del largo de la hoja del agente productor y de la fuerza con que se ejerce, que parece ser un poco mayor en las extremidades posteriores.

En general, el porcentaje de huellas por unidad anatómica en ambos abrigos es similar; sin embargo, a pesar de que en el Abrigo 1 hay menor cantidad de restos óseos, los porcentajes de marcas son mayores, sobre todo para el caso de la tibia, mandíbula y cráneo.

Cuadro N° 9
Cantidad y ubicación de las huellas de corte por unidad anatómica

Ubicación de la huella	Radio	Cúbito	Mandíbula	Escápula	Costillas	Húmero	Tibia	Cráneo
Diáfisis media de la cara lateral hacia el borde caudal	8	2						
Diáfisis media de la cara lateral	4							
Diáfisis proximal de la cara lateral	2							
Diáfisis media de borde caudal		6						
Diáfisis proximal de borde caudal		1						
Diáfisis media de la cara medial hacia el borde craneal		2						
Diáfisis media de la cara medial hacia el borde caudal		1						
Diáfisis media del borde craneal		1						
Diáfisis media del borde lateral							1	
Diáfisis distal cara craneal							3	
Diáfisis distal cara craneal hacia borde medial							3	
Diáfisis distal cara craneal hacia borde lateral							2	
Arco cigomático								2
Cara exterior hacia el borde inferior			2					
Cavidad glenoidea				1				
Cara ventral hacia el borde posterior				2				
Cara interna proximal					2			
Cara interna medial					4			
Cara externa					3			
Diáfisis distal de la cara lateral						2		
Diáfisis distal de la cara medial						1		

En el Radio la mayoría de las marcas se ubican en la diáfisis media de la cara lateral hacia el borde caudal, independientemente del lado. Las marcas que se ubican al medio de la cara lateral corresponden a individuos jóvenes. En general, tienen una longitud de 4

mm, salvo dos que tienen una longitud de 10 y 11 mm, correspondientes nuevamente a especímenes jóvenes.

En el Cúbito la mayoría de las marcas se encuentran en la diáfisis media del borde caudal o de la cara lateral. Llama la atención las tres huellas ubicadas en la cara medial. El rango de longitud comprende marcas entre 1 y 6 mm, siendo en promedio más corta que las de radio. La orientación predominante es la horizontal, presentando gran uniformidad. Esto indicaría que el cuero es llevado a cabo mediante un corte, a nivel de la cara lateral del radio y cúbito, dando la vuelta en el borde caudal del cúbito, alcanzando la cara medial (interior) del mismo.

En la Tibia las marcas se ubican en la cara craneal, medial y lateral. Predominan las huellas de corte con orientación oblicua y un poco más profundas. Las huellas ubicadas al lado exterior de la mandíbula también podrían estar asociadas a labores de cuero.

En el Cráneo las marcas se hallan en la cara exterior del arco cigomático hacia el borde inferior, a la altura de la unión con el cóndilo mandibular. Las huellas se dan en agrupaciones paralelas y son un poco más profundas.

En la Mandíbula éstas se ubican en grupos paralelos con orientación oblicua. Las marcas ubicadas en los arcos cigomáticos guardarían relación con actividades de desarticulación para separar la mandíbula del cráneo a nivel de los cóndilos mandibulares.

En la Escápula una de las marcas (ubicada en la cavidad glenoidea) sigue el mismo patrón uniforme descrito anteriormente. La marca en la cavidad glenoidea de la escápula, está relacionada con la desarticulación del húmero proximal. Este se disloca fácilmente por lo que las huellas quedan generalmente en la articulación de la escápula. Dos especímenes presentan huellas muy anchas y largas, con sección tendiendo hacia la forma de U, con estrias paralelas al eje longitudinal del corte y con una de las paredes rectas, no pudiendo ser asociadas a ninguna actividad en particular ni a un agente productor.

En las Costillas las marcas se distribuyen en grupos paralelos y subparalelos de a dos o más, sobre todo en la cara interna. Son huellas de actividades de despostamiento. Al descuerar un lobo, cuero y grasa quedan pegados, permaneciendo la carne adherida al cuerpo.

En el Húmero dos especímenes presentan marcas oblicuas de mediana profundidad en la diáfisis distal que seguramente guarda relación con la desarticulación del cúbito proximal. Un hueso exhibe una marca muy similar a la de las escápulas, más larga, profunda y ancha, no pudiendo determinarse el agente productor ni una actividad específica. Hay un húmero perteneciente a bovino (*Bos taurus*) que no presenta huella de corte, pero que su diáfisis distal exhibe una fractura intencional de tipo espiral con huellas de impacto, asociada seguramente al consumo de médula.

En el Fémur se constata gran cantidad de marcas distribuidas en grupos paralelos y subparalelos con una longitud entre 2 y 4 mm, en la cara craneal hacia el borde medial y

en el mismo. La diáfisis proximal presenta una fractura oblicua regular. Las huellas de corte estarían relacionadas con el despostamiento o limpieza de los tejidos que cubren el periosteo para su consiguiente fractura.

Las huellas de corte analizadas se ajustan mayoritariamente a actividades antrópicas de cuereo o extracción de piel. En general, durante el cuereo hay pocas partes de las herramientas de carneo en contacto con el hueso, por lo cual sólo algunas partes esqueléticas presentan marcas. Si bien éstas se ubican donde era más operativo desollar al animal, muchas veces se comienza por la extremidad inferior delantera, vale decir radio-cúbito distal; también cabría encontrarlas en la pierna baja a nivel de la tibia distal y en la cabeza alrededor de la boca.

Análisis de maderas

El análisis de los restos de maderas proporcionan una gama de especies de orígenes diversos que incluyen EEUU, Europa y, eventualmente Sudamérica (*Nothofagus*). Su variabilidad no sirve para determinar el origen de los visitantes de Playa Yámana, pero sugieren fuertemente que su obtención se realiza directamente de maderos varados en las playas del área y recolectados para su utilización, principalmente como leña para calefacción.

Cuadro N° 10: Identificación de maderas procedentes de los abrigos N° 1 y 2

Abrigo N°	Cuadrícula	Prof. (cm)	Maderas identificadas
1	2	0-5	<i>Pinus sylvestris</i> perteneciente a la familia Pinacea (Conífera). Se distribuye en Suecia, Finlandia, Rusia. Es plantada en Canadá y N. E. de EEUU. Es recomendada para trabajos de carpintería.
	1	20	Conífera del género <i>Pinus</i> sección taeda, proveniente del hemisferio norte, con varias especies como <i>Pinus taeda</i> de Arkansas.
2	1-A	20-40	Podría corresponder a <i>Nothofagus</i>
			<i>Pinus sylvestris</i> perteneciente a la familia Pinacea (Conífera)
			Pino oregón, <i>Pseudotsuga douglasii</i> . Distribución en Nueva México, Columbia Británica, Washington y Oregón
			Posiblemente <i>Pinus</i> sección <i>strobus</i> . Originaria de EEUU y cultivada en Europa
			Grupo de los <i>Quercus</i> blancos, de la familia Fagácea. Distribución desde Europa a Japón, E de EEUU y SE de Canadá.
Conífera del género <i>Larix</i> sp. Japón, Canadá, Inglaterra y EEUU			

Significado de las excavaciones de Playa Yámana

Las excavaciones realizadas se efectúan en el mismo sector de los hallazgos de las tres piezas esqueléticas humanas y proveen el contexto histórico y cultural al cual adscribir dicho individuo. El análisis de los restos extraídos de los abrigos rocosos señalan su pertenencia a una o más ocupaciones temporales correspondientes a cazadores de lobos finos de la segunda década del siglo pasado. Ambos depósitos presentan acumulaciones

intencionales de partes seleccionadas de lobo fino, muchas con huellas de corte. Los elementos culturales corresponden a fragmentos de loza azul, restos de cerámica esmaltada roja pertenecientes a botellas de licor (canecos para gin), fragmentos de botellas de vidrio oscuro para guardar ron, fragmentos de cuero (suela de zapato), fragmentos de maderas y metales (clavo y lámina). Corresponden a un mismo horizonte de ocupación de cazadores de lobo fino que explotaron intensamente la zona entre 1819 y 1826 y nuevamente entre 1866 y 1890. De acuerdo con los estudios realizados en playa Yámana, no hay evidencia de otras ocupaciones humanas aparte de las ya señaladas (aparte de los turistas contemporáneos que dejan una lata de Coca-Cola en la superficie del Abrigo N° 1), lo cual provee el marco histórico en el cual insertar a la mujer fallecida en el lugar.

Por otra parte, los análisis realizados descartan la presencia de restos de naufragos correspondientes al siniestrado navio de guerra *San Telmo* en el sector de Playa Yámana.

Sitios históricos de playa Maderas, Punta Yussef y El Indio

Una misión hispano-chilena realiza trabajos en el verano 1994 en los siguientes sitios históricos:

Playa Maderas

Se ubica en el extremo sur-oriental de cabo Shirreff, a unos 300 m al norte del refugio de INACH. La instalación se emplaza al pie del afloramiento rocoso que cerraba la playa Yámana por el norte y a 2-3 m sobre la línea de alta marea y es excavada entre el 27 de enero y el 2 de febrero 1994. A continuación se describen los distintos sectores que componen la instalación y un resumen de los trabajos realizados:

a) Estructura cuadrangular (n° 1): se emplaza sobre la playa arenosa, a 30 m de la orilla del mar, tiene forma cuadrada con el lado sur abierto y enfrentando al afloramiento. Su contorno está delimitado por una línea de piedras del lugar, sin trabajar. Es inscrita dentro de una cuadrícula de 7 x 7 m, excavándose la mitad E (3 x 7 m), tanto por fuera como por dentro de la estructura. El nivel superficial, 0-5 cm, de arena fina y media gris proporciona 14 trozos de madera, 5 fragmentos óseos y 1 tirita de cuero. A los 6 cm, se llega a un estrato de limo negro, compacto de 2-3 cm de espesor que interpretamos como el piso ocupacional y que arroja 3 trozos cerámica vidriada de color melado claro (1) y pardo oscuro (2), 2 clavos de sección cuadrada de 15,5 x 1 cm y 5,8 x 0,7 cm, 4 trozos de madera y 18 huesos de lobo fino, 3 húmeros de pingüino y restos de piel de lobo adosados y bajo la línea de piedras.

El equipo español fue dirigido por el arqueólogo Dr. Manuel Martín-Bueno y contó los siguientes integrantes: Jesús Liz Guiral, arqueólogo; Juan Ramón Ulibarri, arqueólogo; Dr. Jorge Rey Salgado, oceanógrafo; Enrique Pérez Vázquez, geólogo marino; Miguel Aragón Fontenla, marino; Javier Jayme Bravo, documentalista; José María Jayme Bravo, logístico. El equipo chileno fue dirigido por el arqueólogo Dr. Rubén Stebberg acompañado por Víctor Lucero, arqueólogo; Marta Jiménez, arqueóloga, Daniel Torres, biólogo marino y Omar Torres, logístico.

En algunas partes esta piel sobresale al lado exterior de la estructura. Es interpretado como los restos del faldón de pieles que recubren la estructura, los cuales son cubiertos de piedra para evitar que se vuelen con el viento. Los fragmentos de cerámica y otros encontrados en la superficie del sector son similares a aquellos de Playa Yámana. Se encuentra evidencia de la impronta de un poste al exterior del vano de acceso. No hay restos de carbón en su interior. La función más probable es dormitorio.

Enfrenta a esta estructura un canal natural de unos 5 m de ancho, de dirección E-W, en la orilla del mar, muy apropiada para fondear una pequeña embarcación. Una acumulación intencional de piedras en el lugar pudo servir para amarrar el bote.

b) Estructuras pequeñas: unos 15 m al W, acercándose al portezuelo que separa playa Maderas de playa Mansa, en un sector de afloramiento rocoso bajo, se construyen mediante la técnica de pirca seca varios recintos adosados a las rocas. El mayor (n° 2) no presenta restos de material cultural ni fogón, asignándole una función probable de dormitorio. El segundo recinto de pequeño tamaño (n° 3) es excavado en un 50% y arroja dos fragmentos pequeños de vidrio verde claro, varias maderitas, restos de cordel y numerosos trozos de piel de lobo fino siendo interpretada como un depósito para guardar pieles. Otra estructura pequeña (n° 4) contiene un depósito de carbón que conserva una parrilla de metal formada por dos fierros largos y las piedras que le sirven de apoyo. La base está llena de clavos fundidos, extrayéndose 70 clavos de distintas formas y tamaños los cuales cayeron luego de la combustión de las tablas. Además hay una platina de 24x5x04 cm con un orificio, dos platinas con 3 perforaciones cada una y un doblez en los extremos un remache y botón de bronce de 2.1 cm de diámetro con ojal posterior y 3 fragmentos de pipa tipo espuma de mar (capiolita). Corresponde al fogón-cocina de la instalación. Al lado, una estructura muy similar, (n° 5), tipo depósito de víveres, conserva boca abajo la base de 9.6 cm de diámetro de una botella de vidrio verde muy oscuro; un cordel y dos saquitos llenos de granos. El análisis de estos restos vegetales, realizado por el arqueobotánico norteamericano Dr. Jack Rossen, proporciona evidencias de cebada (*Ordeum vulgare*), trigo (*Triticum aestivum*) y avena (*Avena sativa*), la clásica triada inglesa de cultígenos del siglo pasado (J. Rossen, Com. Pers. Febrero 1994.) Completan el conjunto otras dos estructuras de mayor tamaño (n° 6 y n° 7), en pésimo estado de conservación y que no son excavadas.

c) Apilamiento intencional de piedras (n° 8): sobre la parte más alta del afloramiento rocoso que cierra la playa por el norte, con amplio dominio visual sobre el cabo y el mar que lo circunda, se halla una acumulación intencional de piedras sugiriendo fuertemente la posibilidad de que allí se ubicara un poste con una bandera.

d) Recolección Superficial: los contornos de la instalación presentan los siguientes restos en superficie: 9 fragmentos de botella de vidrio de paredes gruesas color verde oscuro (1 base); 6 fragmentos de botella de vidrio de pared delgada color verde claro y 21 fragmentos de diferentes partes de vasijas cerámicas vidriadas, de las cuales 12 presentan el vidriado color melado sólo en el exterior; 5 fragmentos son de color marrón exterior y más claro al interior; tienen color melado en ambas caras y una corresponde a

una boca vidriada marrón al exterior. Además, 2 trozos de láminas de metal redondas, una con remache y un clavo grande con cabeza circular de 10x1,9 cm.

Interpretación de la instalación de Playa Maderas

Desde el punto de vista arquitectónico la instalación de Playa Maderas presenta dos sectores marcadamente distintos; el primero, corresponde al recinto principal (n° 1) y al apilamiento de piedras, supuestamente base de un poste para bandera (n°8), que indican una posición de mayor jerarquía dentro del conjunto y, segundo, a las precarias estructuras adosadas a las rocas. Estas presentan un trazado irregular de sus plantas, menor tamaño y mayor exposición a las inclemencias del clima. Junto a éstas el fogón-cocina y la pequeña despensa con alimentos. Estas diferencias arquitectónicas y funcionales podrían encontrar explicación por la presencia en el lugar de personas de diferente status y actividad, representados por el o los tripulantes y sus ayudantes la, "gente de mar". Los restos de canecas y los granos de trigo, cebada y avena asignarían una procedencia inglesa a los tripulantes. No se recaba información arqueológica respecto al origen de los eventuales ayudantes. Las canecas son similares a las encontradas en Playa Yámana. El número de botellas vineras es bajo y no se hallaron restos de pipas.

Punta Yusseff

Se localiza en el extremo oriental de cabo Shirreff, a unos 300 m al sur del refugio de INACH en el límite norte de playa Media Luna. La instalación se ubica al pie norte y sur del afloramiento rocoso del sector y a 5-8 m sobre la línea de alta marea, quedando al resguardo de los vientos y con una excelente visión de la bahía y las playas que la rodeaban. Es visitada el 3 de febrero 1994, recojiéndose una pequeña muestra arqueológica de superficie y confeccionándose un croquis de su arquitectura. Este sitio destaca por sus emplantados de cuidadosa factura, sobre los cuales se debe instalar la lona o carpa protectora y por el basural existente aguas debajo de la instalación. Entre los materiales culturales existentes sobresale la presencia de restos de pipas tipo "espuma de mar", característica de los cazadores ingleses del siglo XIX.

El Indio

Se ubica en el extremo sur-oriente de Punta Negra (Isla Livingston), aprovechando los bloques volcánicos basálticos de la morrena frontal. Estos se disponen en forma caótica formando espacios protegidos a distintas alturas (1-4) que son cerradas por los ocupantes para formar ambientes, utilizando los bloques del mismo lugar. El conjunto se localizó próximo a una caleta protegida y muy apta para desembarcar. Es descubierta en forma casual entre los espacios del roquerío el 4 de febrero 1994 por Ricardo Jaña, integrante de la misión hispano-chilena. A continuación se describen los distintos sectores que presentan restos arquitectónicos con sus restos culturales, dejando en claro que al parecer no formaron parte de una misma instalación:

Conjunto A: es el principal y consta de los siguientes ambientes protegidos:

Ambiente 1: ocupa la cota más baja, con acceso a través de un pasadizo formado por dos grandes bloques rocosos que la comunica con la caleta, pero a su vez la oculta completamente del exterior. El espacio útil es muy estrecho, correspondiendo al hogar, con fogón principal y aprovechando como mesa una piedra plana central. De su interior se extraen restos de clavos grandes y trozos de tejidos (sacos, fieltro).

Ambiente 2: contigua hacia el N, en una cota 1.5 m más elevada, se ubica otro ambiente entre las rocas que no se excava. Pudo utilizarse como dormitorio.

Ambiente 3: Continuando hacia el N, aparece el tercer recinto con restos en superficie de estacas de fierro de 50 cm de longitud y maderas.

Ambiente 4: hacia el E del ambiente anterior, corresponde a un espacio rectangular apoyado en dos grandes rocas que sostuvo la techumbre y fue cerrado en sus extremos por muros de piedra sin argamasa. Las vigas están caídas en el piso, sepultando el depósito. La viga principal consiste en un trozo curvo de madera de barco. Algunos maderos presentan huellas de carbonización lo que sugiere que hubo un incendio. Bajo las vigas se encuentran los restos de 20 zapatos, zapatos, cordones, 1 fragmento de pipa "espuma de mar", trozos de vidrio, una tapa de vidrio tallada transparente de botella pequeña fina y unos 100 clavos de distintas medidas, de fierro y bronce, aparentemente sin uso. En sectores se conserva el piso ocupacional conformado por una matriz fina oscura. Hacia el lado poniente hay restos de piel de lobo y, en el vano de acceso hay otra concentración de clavos. El talud oriente, hasta llegar al nivel de playa emplazado 2 m más abajo, está cubierto de restos de cueros de zapato, clavos y los restos de la puerta de madera de 80 x 80 cm con una gran bisagra que cerraba la bodega. Entre los 10 y 15 cm de profundidad se topa con el estrato natural café estéril. Este ambiente es el mejor conservado.

Conjunto B: se localiza hacia unos 25 m al oriente del conjunto anterior y corresponde a un ambiente pircado estrecho y alargado, apoyado en el lado N por un gran bloque errático y abierto en el lado opuesto por un vano que miraba al NE. No es excavado.

Conjunto 3: Otros 20 m más al oriente, cerca de la caleta, a unos 20 m de la base del glaciar apoyado en la base de un farellón vertical llamado El Indio, puesto que su cima tiene forma de cabeza indígena, se halla un recinto pircado rectangular, con vano lateral mirando al S. En su interior aparece en superficie un cuero de zapato y maderas.

Interpretación del sitio El Indio

Los conjuntos B y C corresponden a recintos pircados individuales bien construidos y conservados. En cambio, el conjunto A, a excepción de su bodega (ambiente 4) es un refugio precario, tanto que al principio se pensó que podía ser el lugar de sobrevivencia de naufragos. Recién luego de la excavación y recolección de material cultural superficial, se demostró que fue construido y habitado por grupos de loberos. Los tres conjuntos no muestran formar parte de una misma instalación, sino que aparentemente son construidos por diferentes personas, quizás en diferentes momentos, lo cual sólo se sabrá cuando se excaven los conjuntos B y C. El conjunto A, al igual que la instalación de Playa Maderas,

presenta dos jerarquías arquitectónicas, lo cual podría representar dos jerarquías sociales al interior del grupo; un ambiente bien construido, representado por la bodega y los ambientes improvisados y precarios dispersos entre los bloques rocosos erráticos. Las instalaciones de Playa Maderas y El Indio, se acomodan bien a la información proporcionada por la literatura, en el sentido que cada grupo tiene como cabeza un tripulante y que son distribuidos en diferentes puntos para cubrir la mayor cantidad de cotos de caza. Ello explicaría el porqué en estas instalaciones hay un sector mejor construido que otro.

Artefactos indígenas de isla Desolación

Al año siguiente, enero 1995, el grupo de arqueólogos chilenos realiza una campaña de terreno en Isla Desolación. El lugar es sabiamente sugerido por el historiador antártico Oscar Pinochet de La Barra, en atención a los antecedentes históricos que señalan que es una bahía muy utilizada por los primeros loberos y lugar de refugio de los náufragos del siniestrado bergantín Cora (1820).

Isla Desolación se ubica al NE de bahía Hero, en el mar que enfrenta por el norte a la isla Livingston ($62^{\circ}28' S.- 60^{\circ}22' W.$), en un punto equidistante entre cabo Shirreff y Punta Williams. La isla es montañosa y presenta forma de L mayúscula con su contorno acantilado e irregular. El brazo mayor mide 3 km de longitud, entre 400 y 750 m de ancho y una altura máxima de 590 m; el brazo menor presenta una extensión de 1600 m y un ancho que varía entre los 550 y 1200 m, con una altura máxima de 450 m. El istmo Cora mide 200 m de largo por 200 m de ancho y una altura que varía entre los 3 y 12 m, quedando cubierto de hielo en invierno. Los sitios históricos detectados ocupan la mitad sur, más protegida y enfrentando la bahía Blithe (Figura 7). Hacia el sur se abre la bahía, muy tranquila y apta para fondear, hacia el norte se presentan dos caletas cerradas, pedregosas y con mucho oleaje procedente del Paso Drake.



Fig. 7: Excavación en el sitio Cora (Isla Desolación), donde se encontraron los tres artefactos líticos indígenas asociados a materiales de origen inglés del siglo XIX.

A continuación se presenta un resumen de los trabajos realizados en la isla (Stehberg y Lucero, 1995; Stehberg, 1987 y 1997).

Cuadro N° 11
Ubicación de los sitios históricos de Isla Desolación

Nombre del sitio	Ubicación	Características arquitectónicas	Hallazgos culturales
Cora A	En el centro de caleta Cora, sobre la playa arenosa-pedregosa, a 20 m de la línea de altas mareas y a 110 m al E del acantilado que cierra la playa	Conjunto 1: dos estructuras cuadrangulares de piedras rodadas (espacio interior 3 x 3 m). Conjunto 2: planta circular de 9 m de diámetro, con emplantillado y varias estructuras pequeñas semi-circulares (1 m de diámetro) mal conservadas.	Trozos grandes de cerámica vidriada en superficie del primer período lobero, 20 grs de piel de lobo fino, tachuelas de fierro cabeza redonda de 6.5 mm diámetro. 5 trozos de ladrillo de arcilla
Cora B	45 m al E del sitio anterior, sobre la playa arenosa-pedregosa, a 20 m de la línea de altas mareas	No se reconocieron estructuras	50 trozos de botellas de vidrio color verde oscuro y paredes gruesas, 134 fgs. cerámica vidriada, 4 fgs. loza esmaltada, un núcleo indígena de sílex (riolita) reutilizado como machacador del primer período lobero. Destaca la presencia de una escalera
Cora C	En una planicie a 21 m al N del Cora B, 4-5 msnm, a 55 m del acantilado oriente	5 recintos formados por muros de piedra del lugar, de forma irregular (3) y rectangular (2).	Las excavaciones proporcionaron restos de conductores eléctricos de loza. Ocupación de principios del siglo XX
Cora D	Extremo W de la playa Cora, a 10 m de la base del cerro que cierra por el W y a 26 m al N de un afloramiento rocoso que cae al mar, en una rinconada protegida	Estructuras de piedra muy destruidas con fogón principal abierto de 1 x 2 m y basural asociado. A 12 m al N un fogón estructurado de 1.20 x 1.0 m con impronta de un poste y restos de dos recintos en mal estado	Las excavaciones proporcionaron 3 artefactos líticos completos indígenas, 10 fragmentos de pipas "espuma de mar", clavos y fragmentos metálicos, cerámica vidriada y loza esmaltada, restos de botellas vineras, suela de zapatos, piel de lobo fino, trozos de cuerda, madera y alambre y omóplato de ballena, correspondientes al período lobero
Cora E	A 80 m al N del fogón anterior, entre el pie del cerro W hasta el centro del portezuelo ocupando una superficie de 40 x 40 m	No hay estructuras	15 fragmentos de cerámica vidriada, algunos con decoración y trozo de botella vinera verde. Ciclo lobero
Cora F	A 70 m al NW del portezuelo anterior, en la línea de más alta batiente de olas	No constituyó un sitio. Los materiales llegaron al lugar arrastrados por las corrientes marinas	En superficie se halló una herramienta antigua de madera con mango redondeado, gancho de metal curvo y punta aguzada y acordelado de 14 vueltas con lazo apretado y dos bases de botella de vidrio inscriptas ANCAP. URUGUAY, y SD170, 750 ml. 6.6 mm. 106 U liquor Bottle Scotland.

El detalle de los materiales culturales puede consultarse en la referida publicación.

Descripción de los artefactos indígenas

El núcleo de sílex se encuentra en la superficie de Cora B. Los restantes se hallan al excavar el contenido del fogón principal de Cora D. En todos los casos, los artefactos indígenas se encuentran junto a trozos de botellas vineras, cerámica vidriada, loza esmaltada, trozos de piel de lobo, pipas "espuma de mar" (Figura 8) y otras evidencias loberas del período 1819-1824. La asociación entre los mencionados artefactos indígenas y los demás desperdicios al interior del fogón era total. La forma y decoración de las pipas "espuma de mar" son idénticas a las encontradas en las instalaciones de Punta Yusseff, Playa Maderas y El Indio., atribuibles a una misma tradición cultural de origen inglés o norteamericana. La siguiente descripción fue realizada por el especialista en lítico Donald Jackson del Departamento de Antropología de la Universidad de Chile.



Fig. 8: Restos de pipas "espuma de mar" de origen inglés encontrados en el sitio Cora.

Interpretación de los sitios Cora

A excepción de la instalación Cora C de data reciente, el conjunto de evidencias encontradas en isla Desolación corresponden íntegramente a vestigios de la actividad de los cazadores antárticos de la segunda década del siglo pasado. Así lo atestiguan los materiales extraídos que guardan completa similitud con los existentes en las instalaciones de playa Yámana, playa Maderas y Punta Yusseff, en cabo Shirreff y, El Indio, en Punta Negra. Se observa una gran estandarización de los utensilios, destacando las botellas, clavos, pipas y objetos de arcilla torneada vitrificada y esmaltada, esta última con una mayor variedad tipológica en isla Desolación.



Fig. 9: Núcleo poliédrico "agotado" y reutilizado como percutor encontrado en la superficie de playa Casu.

Cuadro Nº 12
Características de los artefactos líticos de Isla Desolación

Pieza Nº	Materia prima	Morfología	Tecnología	Función
Gura 9				
1	Silex, grano fino, buena fractura y color rojizo	Poliédrico 68,5 x 60 x 47,5 mm	Astillamiento multidireccional por percusión directa, con negativos de lascas cortas. La plataforma de percusión utilizada es natural con corteza, sin preparación para desbaste	Núcleo para obtención de lascas cortas. Una vez agotado, fue utilizado para una acción de corte por percusión sobre un material semiduro, quizás hueso (Figura 9)
2	Roca gris-rojiza fina (calcedonia)	Sub-ovoidal 30 x 26 x 11 mm. Los bordes laterales son abruptos y sin modificaciones. Es posible que fuera usado con un mango	Un borde activo ligeramente convexo sinuoso y perfil recto parejo en ángulo abrupto y sección transversal plano-convexa. El astillamiento del borde activo es marginal simple efectuado por presión. Dejando negativos de cicatrices concooidales cortas y laminares ocasionalmente sobrepuestas. El borde opuesto también es activo con similar tipo de astillamiento. La matriz utilizada corresponde a una lasca secundaria, en donde el borde activo corresponde al talón y el borde opuesto, en anverso a la cara de deslizamiento del instrumento a la cara superior del instrumento, observándose el cono de percusión de la lasca.	Raspador de doble borde activo. El examen de los filos a través de lupa binocular muestra que ambos bordes activos presentan un microastillamiento sobrepuesto en el filo, mostrando un pequeño lomo sobre el cual se presenta un claro desgaste y eventual pulido que atestigua la acción de raspar sobre un material blanco, como el cuero. La pieza presenta en toda su superficie microfisuras por intemperismo.
3	Calcedonia color gris lechoso	Sub-ovoidal. Conserva parte de la corteza sobre el borde lateral de la matriz 24 x 31 x 10 mm	Un borde activo convexo, sinuoso parejo y perfil recto parejo en ángulo abrupto, sección transversal plano convexa. El astillamiento del borde activo es marginal simple efectuado por presión, dejando negativos de cicatrices concooidales cortas y alargadas. Sobre el extremo opuesto más delgado y terminado en cuña, se observa un astillamiento bi-marginal, logrado a presión, dejando negativos de cicatrices concooidales sobrepuestas, seguramente para adecuación a un man-	Raspador. La observación del borde activo bajo lupa, muestra microdesprendimientos concooidales discontinuos sobre el reverso (superficie de deslizamiento) y continuos sobrepuestos en el anverso adyacente al filo, el cual se presenta claramente desgastado por uso. La fractura perpendicular al borde activo pudo ocurrir durante el uso del instrumento. Las características de las huellas identifican claramente la función de raspador que probablemente se usó sobre un material blanco, como cuero

			go. La matriz utilizada corresponde a una lasca secundaria, en donde sobre el talón se preparó el borde activo. El anverso, que corresponde a una superficie plana se reservó como superficie de deslizamiento del instrumento, quedando el reverso como cara superior, observándose el cono de percusión	
4		Forma subrectangular. Su sección transversal tiende a subrectangular y, sobre el anverso, adyacente al talón se enuncia el cono de percusión (Figura 10)	Corresponde posiblemente a un fragmento proximal de instrumento sobre lámina de calcedonia, el que una vez fracturado transversalmente, fue reutilizado. Astillamiento bimarginal doble dejando negativos de cicatrices concoidales sobrepuestas, sobre bordes en ángulo oblicuo. Los filos laterales y del extremo proximal fueron intencionalmente "matados", observándose un desgaste-trituramiento para eliminar el filo, lo que atestigua que se trató del extremo proximal o de empuñadura de un instrumento. Hacia el extremo distal se observa parte de la antigua fractura transversal y sobre las aristas el astillamiento del retomado de la pieza, generando un ligero apéndice sobresaliente y redondeado.	El examen bajo lupa evidencia el desgaste-trituramiento intencional sobre los bordes laterales y extremo proximal, así como el desgaste del apéndice redondeado y el microastillamiento continuo asociado a desgaste sobre una arista que se extiende paralela al eje tecnológico sobre el anverso. Tales indicios de microhuellas, así como la morfología general de la pieza, permiten inferir que se trata de un buril sobre extremo y arista, elaborado sobre un fragmento proximal de un artefacto no definido, quebrado y posteriormente reciclado a través de un retomado.



Fig. 10: fragmento proximal de buril indígena, con filos laterales "matados" para su enmangado a un palu.

Las instalaciones arquitectónicas de isla Desolación y los materiales obtenidos presentan algunas diferencias respecto a los asentamientos de cabo Shirreff y Punta Negra. En la isla no se reconocen los emplantillados rectangulares de punta Yusseff o las estructuras cuadrangulares de playa Maderas o El Indio. Aquí las instalaciones son más precarias y las formas reconocidas tienden a las circulares, sugiriendo la erección de una cubierta de pieles o lona en torno a un poste central. El estado de conservación de los restos arquitectónicos de Desolación son peores debido a su ubicación al pie de los acantilados y en un istmo muy expuesto a los vientos y temporales, lo cual contribuye al aspecto precario de los sitios.

Comentarios finales

Las primeras pruebas materiales de la coexistencia de cazadores foráneos e indígenas locales provienen de las excavaciones arqueológicas dejadas por estos cazadores en sus campamentos y refugios de isla Desolación y cabo Shirreff (islas Shetland del Sur). En ellos se encuentran restos de artefactos indígenas, en asociación directa a restos de maderas, cerámicas, lozas, fierro, vidrio y semillas de procedencia inglesa o norteamericana de la segunda década del siglo pasado. En Playa Yámana, próximo a dos abrigos rocosos que son ocupados por loberos antiguos, se halla un cráneo completo de una mujer adulta joven con ancestros indígenas y dos fémures aparentemente de la misma persona. Además, se constata una marcada diferencia arquitectónica entre los asentamientos y en algunos casos, diferencias constructivas al interior de los mismos, las que son atribuidas a personas de distinto status al interior de los grupos. En estos casos las estructuras ocupacionales más precarias son relacionadas con la "gente de mar", mientras que aquellas con una arquitectura más prolija, con miembros de la tripulación. Con ello queda probado, al menos desde un punto de vista arqueológico, la presencia de contingentes nativos procedentes del extremo sur americano, a la sazón territorio perteneciente a Chile, en las actividades loberas de las Shetland del Sur.

El hallazgo de estos cuatro artefactos líticos de origen amerindio, sumado al descubrimiento de partes de un esqueleto de un individuo de este mismo origen en playa Yámana constituyen una importante evidencia que sustenta la hipótesis del empleo de indígenas embarcados en el extremo austral de Sudamérica, ya sea por loberos sudamericanos, norteamericanos o ingleses, como mano de obra auxiliar para el desarrollo de estas actividades. El ambiente de pobreza que rodea los asentamientos, con evidencias de excesiva ingesta de alcohol, probable uso de tabaco u otras sustancias (pipas), escasa alimentación (ausencia casi total de restos de alimentos y stress nutricional de la mujer de playa Yámana) y pobre vestuario, contribuyeron a reforzar esta presunción.

La disposición estratigráfica de los artefactos indígenas, sus características marcadamente utilitarias sin presunciones estéticas y su directa asociación a un lugar de pobre arquitectura descartan la hipótesis de que se tratan de restos de "souvenirs" adquiridos por loberos ingleses durante su contacto con las poblaciones del extremo sur americano y luego, abandonados por descuido en sus campamentos estacionales antárticos (Smith y Simpson, 1987).

Los artefactos líticos indígenas encontrados presentan abundantes huellas de uso, numerosas reutilizaciones, no destacan por un atributo estético especial de ellas, quedando depositadas juntas, en el borde de un fogón, seguramente muy cerca de donde son utilizadas.

Los nativos de hábito canoero y/o dieta marina del extremo sudamericano (chonos, chilotes, alacalufes, yaganes y háush), participan en el lucrativo negocio de la cacería de lobos, focas y nutrias que desde fines del siglo XVIII, se extiende como una fiebre por todas las islas y canales patagónicos y fueguinos. En este trabajo traban relaciones de diversa índole con otros cazadores que desde el hemisferio norte vienen a desarrollar la misma actividad. Esta relación va incrementándose con los años en directa relación con la disminución que va experimentando el recurso. El agotamiento de las poblaciones animales que sobrevino, afecta la economía de los cazadores foráneos y nativos y los lleva a lanzarse a la búsqueda de nuevos territorios de caza, cada vez más lejos. Y cada nuevo esfuerzo es recompensado con nuevos cotos de caza llenos de animales que al poco tiempo son diezmados. Cada año van sumándose nuevas islas y roqueríos hasta que el año 1819 se descubren las islas Shetland del Sur y al poco tiempo todo un nuevo continente.

Este artículo trata de rescatar un aspecto de esta historia que no había gozado de ninguna atención y que se refiere a la participación de contingentes indígenas sudamericanos en esta actividad exploratoria y extractiva. Los indígenas sudamericanos del siglo XVIII y XIX no disponen de la tecnología náutica suficiente para lanzarse solos a la búsqueda y tampoco han tenido la necesidad de hacerlo toda vez que siempre han disfrutado de suficientes recursos alimenticios, hasta que estos se agotaron por sobreexplotación. Necesariamente requieren de nuevas tecnologías y los loberos foráneos la traen: la navegación a vela. Por su parte los cazadores foráneos -mayoritariamente ingleses y norteamericanos- requieren y aprovechan la mano de obra barata y diestra de los indios canoeros, embarcándose juntos en la aventura del descubrimiento de nuevos territorios en las islas de los mares del sur.

Referencias

- BERGUÑO, J. 1993a. Las Shetland del Sur: El ciclo lobero. Primera parte. Boletín Antártico Chileno, 12(1):5-13
- BERGUÑO, J. 1993b. Las Shetland del Sur. El ciclo lobero. Segunda Parte. Boletín Antártico Chileno, 12(2):2-9
- BERTRAND, K.J. 1971. Americans in Antarctica 1775-1948. Special Publication 39, American Geographical Society, N.Y, 554 p.
- CONSTANTINESCU, FLORENCE Y D. TORRES. 1995. Análisis bioantropológico de un cráneo humano hallado en cabo Shirreff, isla Livingston, Antártica. Ser. Cientif. INACH 45:89-99

- JONES, A.G.E. 1981. The British Southern Whale and Seal Fisheries. Reproduced from the Great Circle, April & October 1981. Appendix I & II in Ships employed in the south seas trade 1775-1861. Roebuck Society Publication N° 36: 253-262-276. Canberra, 1986
- LEWIS SMITH Y R.I. Y H.W. SIMPSON. 1987. Early nineteenth century sealer's refuges on Livingston Island. South Shetland Islands. Br. Antarc. Surv. Bull. 74:49-72
- PINOCHET DE LA BARRA, O. 1991. El misterio del San Telmo. ¿Náufragos españoles pisaron por primera vez la Antártida? Revista Historia, 16(186):31-37
- STEHBERG, R. 1983a. En torno a la autenticidad de las puntas de proyectil aborígenes descubiertas en las Islas Shetland del Sur. Boletín Antártico Chileno
- STEHBERG, R. 1983b. Terra Australis Incógnita: una ruta de investigación arqueológica. Serie Científica. Instituto Antártico Chileno 30:77-86
- STEHBERG, R. 1983c. En torno a la autenticidad de las puntas de proyectil aborígenes descubiertas en las Islas Shetland del Sur. Boletín Antártico Chileno, 3(1):21,22
- STEHBERG, R. 1997. Pruebas arqueológicas de la presencia de Aborígenes del Extremo Sur Americano en las actividades de caza de lobos finos desarrolladas en las islas Shetland del Sur a principios del Siglo XIX. III Reunión de Hist. Antárt. Iberoamericana. Punta Arenas 1996. Inst. Antárt. Chil., Stgo.: 107-117
- STEHBERG, R. 1997. Los Primeros Aborígenes Americanos en la Antártida. El Mercurio 19.01.97:E6, E7 y E 8
- STEHBERG, R. Y LILIANA NILO. 1983. Procedencia antártica inexacta de dos puntas de proyectil. Serie Científica, Instituto Antártico chileno 30:61-64
- STEHBERG, R. Y A. CABEZA. 1984. Primera excavación de arqueología histórica antártica. Boletín Antártico Chileno 4(1):15-17
- STEHBERG, R. Y A. CABEZA. 1987. Comienzos de la arqueología histórica antártica en el sitio Cuatro Pircas. Revista chilena de Antropología 6:83-111
- STEHBERG, R. Y V. LUCERO. 1995. Evidencias de coexistencia entre cazadores de lobos y aborígenes fueguinos en isla Desolación, Shetland del Sur, Antártica, a principios del siglo XIX. Serie Científica, INACH 45:67-88
- STEHBERG, R. Y V. LUCERO. 1996. Excavaciones arqueológicas en playa Yámana, cabo Shirreff, isla Livingston, Shetland del Sur, Antártica. Serie Científica INACH 46:59-81
- TORRES, D. 1992. ¿Cráneo indígena en cabo Shirreff? Un estudio en desarrollo. Boletín

- TORRES, D. Y A. AGUAYO. 1993. Impacto antrópico en cabo Shirreff, isla Livingston, Antártica. Serie Científica, INACH 43:93-118
- TORRES, D. 1999. Observations on CA. 175-year old human remains from Antarctica (Cape Shirreff, Livingston Island, South Shetlands). *Journal Circumpolar Health, USA* 58(2):72-8

Juan Pablo Riveros

La noche polar de Byrd

*Lo soledad es un excelente crisol en el cual se puede
observar hasta qué punto nuestros hábitos y maneras
están condicionados por los demás.
Mirar hacia la vida no es sino un destello en la eternidad*

BYRD

La comunidad académica y científica se reúne una vez más para analizar la actualidad de los estudios de las regiones árticas y antárticas. Es natural e imprescindible, en consecuencia, dar cuenta de los enfoques y metodologías científicas en boga para descifrar el fenómeno de los hielos y las nieves polares, así como de los efectos que éstos puedan tener en los delicados equilibrios del planeta. Las diversas disciplinas científicas han permitido dilucidar muchos de los misterios polares. Sin duda, la óptica científica y sus métodos son de importancia vital en este contexto.

No obstante, quiero aprovechar la oportunidad para mostrar una perspectiva distinta. Y, a mi juicio, necesaria. En cierto modo, deseo rendir un pequeño homenaje a aquellos hombres que movidos por un espíritu de búsqueda y de aventura connatural a la ciencia, sacrificaron no sólo la comodidad de sus vidas urbanas, sino que en muchos casos expusieron su vida misma a los azares de las grandes nieves. Todos conocemos las experiencias de Shackleton, Scott, Amundsen y de Richard Byrd, entre otros, quienes imbuidos por el afán de la aventura arrojaron las primeras luces respecto a la importancia de mundos que desempeñan un papel fundamental en la historia de nuestro planeta. Ellos tuvieron la mirada primera, similar a aquella que tuvo Pigafetta, en 1520, cuando pasó frente a las playas de la ciudad que hoy nos cobija, al divisar los primeros fuegos de la comunidad indígena de Tierra del Fuego. Esa visión primera, según cuentan los cronistas, y que permite

“recuperar esa mirada apocalíptica que consiste en tener siempre presente la idea de que la creación entera puede terminar en el próximo instante”.

Este es el objetivo que me he propuesto en esta ocasión. Y para ello recurriré a las visiones poéticas de Richard E. Byrd.

Permítanme justificar este intento. En marzo de 1947, Francisco Coloane², a su regreso de la Antártica, y prologando un libro de Oscar Vila, nos decía que:

¹ H.A. Murena, *El pecado original de América*, Editorial Sudamericana S.A. 1965. Buenos Aires

² Oscar Vila Labra, *Chilenos en la Antártica*, Editorial Nascimento. 1947. Santiago, Chile.

"la grandiosidad de la naturaleza antártica es tan sobrecogedora que enmudece la palabra del prosista ... En medio de ese mundo de puro hielo, hemos pensado que sólo una música abismante o desolada, o un poema, podrían expresar la sensación que aquello produce en el espíritu humano".

Por su parte, el gran poeta francés, Saint John Perse manifiesta:

En verdad, toda creación del espíritu es, ante todo, poética, en el sentido propio de la palabra. Y en la equivalencia de las formas sensibles y espirituales, inicialmente se ejerce una misma función para la empresa del sabio y la del poeta. Entre el pensamiento discursivo y la elipse poética, ¿cuál de los dos va o viene de más lejos? Y de esa noche original en que andan a tientas dos ciegos de nacimiento, el uno equipado con el instrumental científico, el otro asistido solamente por las fulguraciones de la intuición ¿cuál es el que sale a flote más pronto y más cargado de breve fosforescencia? Poco importa la respuesta. El misterio es común. Y la gran aventura del espíritu poético no es inferior en nada a las grandes oberturas dramáticas de la ciencia moderna.³

Hablo, en consecuencia, desde esta perspectiva. En este instante asumí la postura del poeta cronista que relata las fulguraciones poéticas de la estadia de cinco meses de Byrd en el polo antártico. Sabido es que en esa oportunidad el Almirante estuvo al filo de perder la vida a consecuencia de las emanaciones de monóxido de carbono del calefactor de su refugio.

En efecto, en su segunda expedición, Byrd permaneció en un refugio absolutamente solo durante la noche polar, en la oscura inmensidad de la helada Barrera de Ross, en la latitud 80° 08' Sur y 163° 57' de longitud oeste desde el 28 de marzo al 30 de agosto de 1934. Esta extraordinaria experiencia es narrada en el libro "ALONE" que publicara en 1938. Ahí señala que

"Por encima del indiscutible valor de las observaciones climatológicas y boreales en el interior virgen de la Antártica y de mi interés en esos estudios, me llevaba el deseo de la experiencia misma... Fuera del trabajo meteorológico y de observación auroral, no tenía propósitos importantes. Nada de eso existía. Nada, si no el deseo de un hombre de vivir hasta lo profundo tal experiencia, estar consigo mismo y saborear la paz, la quietud y la soledad..."⁴

A medida que elegía la ubicación de Base Avanzada, Byrd comprendió que, inmerso en el frío y la obscuridad, dispondría de tiempo para reflexionar sobre el sentido de su vida azarosa.

³ Saint John Perse. *Discurso de recepción del Premio Nobel de Literatura frente a la Academia Sueca*. 1960.

⁴ Richard, E. Byrd. *Soledad*. Segunda Edición. Empresa Editora Zig-Zag. S.A. Santiago de Chile. 1958.

Todas las citas corresponden a esta edición en español.

El libro de Byrd sugiere e invita a varias lecturas posibles.

En primer lugar, plantea el derrotero completo de una experiencia de búsqueda personal, de la necesidad imperiosa que tiene todo hombre, en algún momento de su vida, de encontrar respuestas a interrogantes fundamentales. Esta dimensión es, sin duda, la más fructífera. Llena de hallazgos personales muestra los límites de la condición humana en una situación extraordinariamente precaria. La naturaleza misma de la experiencia hace que Byrd utilice la palabra poética para narrar su estadia en medio de los hielos y de la noche.

En segundo lugar, impelido por sus grandes ríos interiores, poco a poco se va generando en él un ordenamiento de su complejo mosaico interior, lo que lo conduce a una experiencia mística. El universo, incongruente e irracional antes, se torna para Byrd, en una compleja maquinaria espiritual dotada de sentido propio. La evolución de las constelaciones, la inmensidad de la Vía Láctea, los pequeños refugios humanos, todo cabía perfectamente en este orden cósmico, ajeno a toda intrusión humana. Las grandes nieves, la noche, las interminables ventiscas y luego la aurora boreal, serían el reflejo de la vida y de la muerte. Hay paisajes de conmovedora belleza. Por ejemplo, lo que podría llamarse, como una culminación de su proceso espiritual de misticismo, *Noche Primera*. Evoca la sociedad de consumo, la muchedumbre de las grandes ciudades y la enorme cantidad de cosas de las que se podría prescindir. En sus propias palabras:

"¿no era esto realmente suficiente? Se me ocurrió entonces que la mitad de la confusión de este mundo proviene de no saber cuán poco es lo que necesitamos."

De aquí podemos derivar la siguiente fulguración poética:

NOCHE PRIMERA

Noche vasta y hermosa.

Ni Salomón
ni las joyerías más célebres de este mundo,
podrán lucir jamás una pedrería,
un vestido, un diamante más fino
que este movimiento de inútiles estrellas.

Constelaciones giratorias
danzan luminosas en torno a la Blancura
que, como un racimo de nieve,
pende de marítimos
soles galácticos:
Cruz del Sur, Hidra, Orión
titilan cerca de la Distancia Pura.
La confusión de este mundo,
la confusión de esta parte del mundo,

la confusión de esta aldea,
de estas gentes,
mi propia confusión

Qué poco nos es menester
Propietarios de la apariencia,
qué poco nos es menester
Qué modo de dudar de lo Posible,
en el estrecho absoluto de la gana
Qué soberbia confianza en lo Útil,
en lo que importa nada,
en el afán que genera la indignancia
o la mera tristeza

Qué manera de creer
en el Mercado libre de ataduras,
en ese desorden que impide llegar
hasta los bienes,
en el precio que no descansa en el valor,
en esta sórdida manera de ser ricos

Qué modo de extraviarnos
en la estrecha vastedad de la Nada,
de la Necesidad,
ese reino gris, Chestov,
destructor de toda inocencia,
creador de toda idolatría que sofoca
Lo Mejor, Lo Simple, Lo Más Puro Inútil,
y que aniquila la gratuidad misma de esta noche

Qué desperdicio esta noche, Merton,
este insoportable campamento de
estrellas gratis,
toda esta majada de ovejas

Qué inútil este rebaño fuera de la ley,
- *"tu orden cósmico, Heráclito,
algo así como desperdicios echados al voley"*-
que como faros inexorablemente lentos,
y sin prisa,
viajan hacia la sencillez del Universo!

Ulula el viento.

Y una nieve metafísica
obstruye mi tubo de respiración.

En tercer lugar, esa misma experiencia da cuenta de la belleza despiadada de la nieve y de los fríos, únicos compañeros de Byrd en esas latitudes. Los intensos fríos - mayores aún al no poder utilizar el calefactor contaminante- lo hacen percibir honduras que jamás había sospechado. Dice:

Me sentí a veces, como el último sobreviviente de una Edad del Hielo, luchando por subsistir con las frágiles herramientas legadas por un mundo cómodo y templado. El frío hace extrañas cosas... Mi aliento cristalizado más allá de mis mejillas, se alejaba suavemente como un murmullo. La veleta del viento indicaba el Polo Sur. Cuando el frío detuvo la brisa, los cazos ya no giraron. Mi aliento helado quedó suspendido como una nube.

El frío hacía extrañas las cosas. Las linternas se apagaban lentamente. Los alambres se trizaban como cuerdas de un tenso violín. Reventaban las botellas. El frío era un centinela siempre atento a las debilidades del enemigo. Y encaramado en los postes telegráficos era el trepador de postes más frío del mundo.

El cronista podría señalar:

FRIOS

En la celda de nieve,
un mínimo candil
estalla en una constelación de candelabros
con los millares de cristales del techo.

En las paredes hay
una violenta y azulada desnudez.

Como el penúltimo sobreviviente
de la Edad del Hielo,
luchó con las frágiles herramientas
legadas por un mundo cómodo y templado.

Pero,
el frío hace extrañas cosas.

El frío hace extrañas las cosas:
congela hasta la última gota de aceite
de los instrumentos meteorológicos.
Quiebra botellas, triza tubos, oculta puentes.

Las linternas lentamente se apagan
y los alambres se quiebran
como cuerdas de un tenso violín.

La más leve brisa
hace estallar tu aliento como cohetería china.
La respiración congelada
incendia la arboleda de los pulmones.

Y uno se hace tan mínimo, tan insignificante,
que el Universo es absolutamente maravilloso sin ti, sin mí.

Otro compañero impertérrito de Byrd fue el silencio.

El viento apenas soplabá. Ni un sonido se alzaba sobre la Barrera. Jamás he conocido una quietud semejante. Llegaba, a veces a hipnotizar, como si fuera una cascada u otro sonido continuo y familiar. Otras veces penetraba la conciencia como un ruido repentino. Me hacía pensar en el vacío fatal que se produce al detenerse el motor de un avión en pleno vuelo.

De pronto, los pequeños ruidos parecían tomar conciencia de sí mismos y presurosos quebraban el silencio.

A veces era despertado por una repentina calma. Me sentía como si me hubieran dejado caer en otro planeta o, puesto frente a otro horizonte geológico, de los cuales el hombre no tuviera razón ni memoria.

El universo no está muerto... existe una Inteligencia que todo lo penetra. Por lo menos uno de los propósitos de tal Inteligencia... es el logro de la armonía universal. Esforzarse en el camino correcto hacia la paz, tanto como en el cumplimiento de ella, es el fruto de un acuerdo con esta Inteligencia... Por lo tanto, la raza humana no está sola en el universo. Aunque yo esté aislado de los demás seres humanos, no estoy solo.

SILENCIO DE ABRIL

Escribí:
Tras la armonía Universal
está la Inteligencia.
Debo encaminarme hacia la paz.

No estamos solos en el Universo.
No estoy solo en esta cueva de nieve.

Ella está conmigo.

Me deslizo en mi saco frío,
y durante toda la nieve de la noche
me repito:
*Debo despertar,
debo despertar.*

Tal fue la esencia de la filosofía que le otorgara el silencio de abril. Pero otra fue la experiencia de la Luz. Y de la Aurora. En medio de tremendos estampidos, como si miles de toneladas de dinamita hubieran explotado en la Barrera, el hundimiento de grandes zonas de nieve contraídas por el frío, caminaba por paisajes monótonos y sombríos. A veces un cinturón de vaga luminosidad se extendía a través de las coordenadas del cielo.

Y nos dice:

LUZ

Antes la había deseado ardientemente,
pero en Junio la necesité con avidez.

El farol
y las velas
vertían apenas
los mínimos charcos del tesoro.

Y también:

AURORA I

Trémulos rayos,
inmensos ríos de plata,
incrustaciones de llameantes corredores de oro,
verdes arcadas de vaporosa gasa.

Multicolores abanicos de luz
sobre un tul de cielo negro.
Infinitos rayos
portan en brazos a su Alteza,

a la Gran Ciudad que emerge
desde un inmenso pozo oscuro.

En lo alto de la bóveda,
caravanas de luz,
manadas de huemules temblorosos,
florecen en las trémulas velas
de mi refugio.

El dice:

*"Ya antes había deseado la luz, pero en junio la deseé fervientemente.
El farol de emergencia y las velas vertían apenas charcos de luz amarillenta..."*

Entonces un haz de trémulos rayos, inmensos ríos de plata atravesados por llameante oro, masas vaporosas que se diluían hacia el cenit, arcadas verdes, como potentes haces de luz de cientos de reflectores, abanicaban el cielo en una exaltada luminosidad. Era la Aurora como una gran ciudad que en medio de un sueño se hubiera incorporado para instalarse la plenitud del cielo. Un momento culminante se acercaba. Era la noche invernal al filo del solsticio de invierno.

SOLSTICIO HIEMAL

Desde hoy,
el sol ascenderá
cada instante algo más.

La luz brillará más intensa cada día

El alba inundará la Barrera
y emergerá una senda de malvas banderillas
desde la oscuridad hacia la luz.

También,
remotamente,
emergeré.

Era el día en que el sol se inmovilizaba sobre la tornamesa del solsticio. Un cielo de escombros y una media luna deslizante a una temperatura de 46 grados bajo cero.

Pero la desesperación también abundó. En noches demoníacas, como si todas las venganzas del mundo se hubieran abalanzado sobre él, naufragaba en simas de angustias en la que nunca antes creyó caer. En esas ocasiones trepaba hasta la superficie para avizorar a lo lejos la iniciación de algún acto heroico, pero

*La luna estaba allí, velada por cristales de hielo,
tan fría, que de mirarla uno se quedaba helado.*

Sin embargo, la nieve fue el encantamiento mayor. A través de su blancura percibió la inmensa soledad de la Primera Figura, de la figura mayor, principio y fin de todas las cosas. Byrd intuyó la metafísica de la nieve. Tras su apariencia vislumbró el misterio de los grandes equilibrios y todos los mundos subsumidos en la cristalería compleja de la nieve. En algún momento, dice al cronista:

NIEVE I

Una insignificancia,
una pura inutilidad
se ha atrevido a caer.

Y danza en el aire puro.

Cae la vicaria nieve
sin avisarnos donde comienza
todo a caer.

Cae el agua,
el balido de la oveja,
el calor cae.

Un día caeremos.

Pero
"no indagues, Leucónoc, no es lícito saberlo",
no es lícito saber dónde termina la caída,
dónde el beso, la caricia, todo.

¿Alguien
recibe
este caer?

Y en otra parte, agrega:

NIEVE II

La gratuita ingeniería de la nieve
sobre todas las formas antárticas,

La religiosa astronomía de los hielos
en los apenas vislumbrados paisajes interiores,
esculpidos en los primeros gestos,
en las postreras ganas.

Y el garabato de la nieve,
como pequeñas canoas en la proximidad de tus ojos,
bajo la religión infinita de los astros.

Y también brota un himno a la solidaridad humana. Después de 5 meses, y pese a las órdenes terminantes en ese sentido, sus compañeros acuden a rescatarlo sospechando que algo grave le ocurría al Almirante. Luego de vanas tentativas, en la medianoche del 11 de agosto de 1934, sus compañeros logran llegar al refugio:

La tabla de salvación que durante dos meses había existido sólo en mi imaginación era, ahora, una realidad inminente... Difícil sería describir lo que experimenté ante la luz de los reflectores que se acercaban... Me senté sobre la nieve a esperar el término de este maravilloso acontecimiento.

Y junto al poeta dijo:

EL ENCUENTRO

(Medianoche del 11 de agosto de 1934)

Entonces encendí otra lata de gasolina.

Un tibio inmundo avanzaba a mi encuentro.
Al fin oíría a mis amigos.

Pero la luz del tractor se perdió
súbitamente en alguna hondonada de nieve.

Me senté en el frío.

Bajé al refugio
acurrucándome junto al fuego.

Las orugas del tractor crepitaban
en los fríos rescoldos de la tarde.
¡Qué diferente sería este paisaje
cuando ellos llegaran!

Entonces una bocina.
Y luego las primeras voces.

Apenas estreché sus manos.
Hay sopa caliente esperándolos, dije

Me derrumbé en la escalera.

Entonces la oscuridad se alejó de su corazón. Y se dijo:

EL ULTIMO ADIÓS

Me he quedado para siempre
en la latitud de los ochenta grados
y ocho minutos.

Salí de la escotilla
sin volver la vista.

Como restos de un naufragio,
ahí quedan la tiniebla,
el cansancio, el humo
y el oro desvalido de occidente.

Me llevo la belleza,
el milagro,
este frío trozo de infierno
en un menudo y difuso paraíso,
un simple e inútil edén,
una oveja esculpida por los fríos
y el antojo de las nieves mundanas.

Grandes mesetas de limpios fríos,
llevo.

Y un cielo,
un fragmento de galaxias,
un maná caído de la oscura estepa
de burbujeantes estrellas ignotas.

Parto con mi porción de noche,
con este granizo de luz desprendido de la Aurora,
y este gratuito silencio de la Ausencia.

Me estoy lavando el rostro
con la pura sombra de Dios.

En las últimas líneas de su libro manifiesta:

*"Un hombre no comienza a alcanzar la sabiduría hasta que
reconoce que ya no es indispensable."*

Durante esos meses, Byrd realizó innumerables mediciones meteorológicas. Su actividad científica no quedó a la zaga de su experiencia poética.

En algún instante, ambas son una misma cosa.

TEMA 8

EL DESARROLLO PRESENTE Y FUTURO DEL TURISMO EN LAS REGIONES POLARES

Javier Lopetegui Torres

Turismo en las Regiones Polares

El entorno geográfico de ambos Polos es diferente. Mientras el Polo Sur está en el interior de un continente rodeado de mar, el Polo Norte está en un mar rodeado de otros continentes. El Polo Sur está en una meseta de hielo de casi tres mil metros de altura en tanto el Polo Norte está al nivel del mar.

También la fauna es diferente. En el Artico hay osos polares y morsas, característicos de esa región. En la Antártica tenemos pingüinos Emperador que no se encuentran en otras regiones.

El factor común de estos dos extremos geográficos es el clima: las bajas temperaturas, el hielo y la nieve lo que hace que el acceso a ambos sea por superficies de hielo y nieve, sólo que al Polo Norte se llega por sobre un mar congelado.

Desde siempre se ha dicho que el Polo Norte es la cima del mundo, el lugar desde el cual ya no es posible ir más al norte. Lo mismo ocurre con el Polo Sur, es el punto más al sur del mundo al que es posible llegar.

En esta época de avances tecnológicos los mitos siguen presente porque las acciones que impliquen riesgos, esfuerzos físicos y aventura siguen atrayendo al ser humano. Es así que a ambas regiones polares se organizan expediciones que, aunque sin los peligros que debieron afrontar los primeros exploradores, son al menos una repetición del segmento final de la ruta de los pioneros en esas lides. Además, se hacen en la primavera boreal y austral respectivamente, épocas del año que son más benignas ya que evitan las temperaturas extremas.

Sobre el Artico y el Polo Norte me referiré a una experiencia personal vivida en un viaje que efectué a esos lugares. Con respecto a la presencia humana en la Antártica, me referiré a las posibilidades actuales, en que es posible para mucha gente llegar y permanecer allí.

El Turismo en el Ártico

El turismo en el Artico se hace de dos maneras: por vía aérea, en aviones equipados con skies, y por vía marítima, mediante navegación en rompehielos.

Por vía aérea se realizan expediciones esquiando sobre el hielo marino. A estos expedicionarios se los lleva en aviones Twin Otter con skies —del mismo tipo de los empleados en la Antártica—, y se los deja a unos 120 kilómetros del Polo Norte, acompañados por un guía de mucha experiencia. Al final de su expedición se los recoge por el mismo medio y lleva de regreso a Resolute Bay, en los Territorios Norweste de Canadá.

A los menos sacrificados se los lleva ida y vuelta en avión en un tour que, además de los Polos Geográfico y Magnético incluye visitas a localidades remotas del Norte de Canadá e Isla Ellesmere. Tanto en esta isla con bellos paisajes de montaña, fiordos y glaciares, ubicada en el extremo norte de Canadá, como en Groenlandia, de gran atractivo para montañistas que van a escalar sus cadenas de montañas, se realizan expediciones en trineos tirados por perros.

Sobre el turismo marítimo puedo hablar con mayor propiedad ya que tuve la oportunidad de participar en un tour muy atractivo que se inicia en Mursmank y termina en Provideniya, en el estrecho de Bering. Se efectúa en un rompehielos ruso, el «Sovietsky Soyuz», operado por rusos y contratado para este fin por una empresa occidental. Es una nave de propulsión nuclear, de gran tamaño y equipada con instalaciones muy confortables.

El viaje se inicia en un vuelo a través de Finlandia que llega hasta un aeropuerto muy cercano a la frontera rusa, desde allí se prosigue en autobuses que cruzan la frontera ruso-finlandesa pasando por construcciones que recuerdan la Guerra Fria, con murallas de troncos con alambres de púa para seguir cruzando tupidos bosques hasta llegar a Mursmank, puerto que fue frecuentemente bombardeado por los alemanes debido a que durante la Segunda Guerra Mundial recibía a los barcos aliados con ayuda militar procedente de Gran Bretaña. Hay monumentos que recuerdan estos hechos.

A nuestra llegada al muelle vimos un gran barco de líneas tradicionales, muy diferente a los cruceros de lujo propios de los países occidentales. Se trataba de una nave muy fuerte y funcional. Nos encontrábamos en presencia de uno de los rompehielos que a su paso abren un canal por el que navegan otras embarcaciones y que son los que preceden a los barcos de carga que abastecen los puertos del norte de Siberia y traen la producción de metales de la zona.

La navegación se inició por aguas libres de hielo, el que comienza a aparecer en la ruta hacia el norte hasta un grupo de islas rodeadas de hielo conocidas como Tierra del Emperador Francisco José. El regreso al Sur nos llevó a la Isla Novaya Zembla en el mar de Kara, para continuar por la costa rumbo al Este, deteniéndonos frecuentemente para conocer los lugares de interés. El barco cuenta con dos helicópteros para el desembarco de los pasajeros, lo que se hace en forma muy expedita.

Al llegar a la próxima isla, Severnaya Zembla, el mar estaba totalmente congelado, con una capa de hielo de dos metros de espesor que el barco cortaba con toda facilidad mientras mantenía su velocidad de crucero de diez nudos. Proseguimos por el Mar de Leptev hasta la desembocadura del Río Lena y las Nuevas Islas Siberianas cuyo nombre se debe a su tardío descubrimiento. Continuamos por el Mar de Siberia Oriental hasta el Puerto de Pevek, esencialmente minero y que se caracteriza por contar sólo con edificios de departamentos debido a que éstos pierden menos calor que las casas, lo que es vital en un clima tan severo como el de Siberia. Desde aquí, en dos grandes helicópteros visitamos comunidades esquimales que tienen grandes rebaños de renos. Visitamos también las cárceles del Gulag, de aspecto siniestro y derruidas por el tiempo.

Siempre por el Mar de Siberia Oriental visitamos la isla Wrangel para continuar hasta el estrecho de Bering y de allí enfilamos hacia el Sur, hasta el puerto de Provideniya y punto de término de la travesía. Allí nos recogió un avión comercial estadounidense que nos llevó de regreso a Anchorage en Alaska, lugar de conexión para Nueva York.

Durante la travesía se dictaron charlas sobre la historia de las primeras navegaciones por el Ártico, las que muchas veces terminaron con la vida de los tripulantes al quedar atrapados por los hielos, historias poco conocidas, producto de distintas motivaciones; de descubrimientos geográficos y científicos además de otras de índole comercial ocurridas en la búsqueda de un paso para la navegación al Oriente ya que las conocidas hasta entonces por el Mediterráneo y por el Sur de África se habían tornado peligrosas. Como complemento a estas charlas, el barco cuenta con una abundante y bien provista biblioteca con la que pudimos reforzar los temas de particular interés.

Una experiencia interesante fueron los desembarcos en el hielo durante la navegación. Los helicópteros hicieron varios viajes llevando grupos de pasajeros que dejaban más adelante con aproximadamente un kilómetro de separación entre uno y otro, para esperar el barco que pasaba a cierta distancia rompiendo el hielo y haciendo temblar y ondular la superficie en que estábamos parados. Una experiencia que nos permitió apreciar a cabalidad la gran potencia del barco y la facilidad con que trituraba el hielo a su paso pero que, mientras esperábamos que el helicóptero regresara por nosotros nos hizo sentir la gran soledad de esa inmensidad helada, especialmente que veíamos las delgadas líneas de trizaduras que se habían producido en el hielo en que estábamos parados. Emocionante pero no peligroso. En otros lugares, el barco se detuvo, desembarcamos, caminamos sobre el mar congelado e incluso hicimos un barbecue.

En lugares del Mar Ártico libres de hielo, que en ausencia de viento es como un lago enorme, navegamos en botes zodiac mientras el rompehielos hacía pasadas a nuestro alrededor, a máxima velocidad y dejando tras de sí una ola que hacía bailar los botes, lo que gracias a la habilidad de sus conductores hace que no sea peligroso. También en los botes zodiac visitamos colonias de morsas, las que en algunos momentos se acercaban tanto al bote que parecía que lo iban a pinchar.

Otra experiencia notable fue la visita a la central nuclear del barco. Usando trajes como los de los astronautas conocimos el lugar en que se produce la reacción, la maquinaria se detiene para la visita aunque queda radioactividad remanente. Un dosímetro para cada persona nos permitió saber a cuánta radiación estuvimos expuestos, lo que resultó ser un nivel muy por debajo de lo peligroso.

En resumen, fue un viaje largo que no pareció tal por las muchas actividades que mantuvieron continuamente ocupada la atención de los pasajeros con temas poco conocidos y muy atractivos y que además nos permitió ver personalmente el desolado paisaje de Siberia con todos sus peligros —osos polares incluidos—, desde la seguridad de un barco cómodo y de gran potencia, complementado por la movilidad proporcionada por los helicópteros.

El regreso del barco a Mursmank constituye otro tour en el cual no participé. En ése los pasajeros llegan desde Alaska para embarcarse en Provideniya. El rompehielos recorre parte de la costa para luego internarse navegando hacia el Polo Norte —la mayor parte del viaje es sobre mar helado—, para seguir al Sur hasta llegar a Mursmank. De allí, por autobús, hasta cruzar la frontera a Finlandia y luego, por aire, a Helsinski.

El Turismo Antártico

Semejante al del Artico pero con distintas características, el turismo a la Antártica también se hace por vías aérea y marítima. Además, por estar Sudamérica más cerca de la Antártica que ningún otro continente, el acceso desde aquí es el más corto, fácil y seguro.

Comenzaré por el turismo marítimo. Hay una larga historia de empresas que han realizado viajes a la Antártica desde Sudamérica, zarpando desde Chile, Argentina e Islas Falkland. La navegación cruzando el Paso Drake es normalmente incómoda pero mejora perceptiblemente al llegar a la Península por la protección que brindan las islas. Hay que tener en cuenta que la navegación por el Mar de Weddell, al Este de la Península, no es posible debido a que está siempre cubierto de hielo. En cambio el Mar de Bellingshausen, al Oeste de la Península y que viene a ser la continuación del Océano Pacífico, está libre de hielos hasta Bahía Margarita, al Sur del Círculo Polar, y al decir libre de hielo no significa que no existan témpanos; sí, los hay y son de extraordinaria belleza y uno de los atractivos del tour.

Los paisajes de la Península por sus glaciares, fiordos y canales interiores entre las islas son los más espectaculares del Continente Helado. La gran concentración de bases de distintos países hace que éste sea el lugar más poblado de la Antártica, lo que permite una ayuda más expedita en caso de necesidad.

En el verano Chile mantiene en la zona dos buques de la Armada, listos para reaccionar en caso de emergencias, las que se han producido en más de una oportunidad. Los barcos de turismo usualmente llevan expertos que con sus charlas ilustran sobre la historia de los descubrimientos hechos por diversos navegantes a lo largo del tiempo y otras materias de interés histórico y científico.

Respecto al turismo aéreo es preciso hacer una diferencia entre los vuelos a la Península y aquellos al interior del continente. En el área de la Península hay pistas de aterrizaje; Frei de Chile y Marambio de Argentina. Ambas pueden recibir aviones pesados, de transporte, del tipo C 130, que pueden llevar un número apreciable de pasajeros. Sin embargo, aparte de un programa piloto que realizó Chile años atrás, hasta ahora no se han efectuado viajes de este tipo pese al enorme interés por ellos que hay por parte de pasajeros potenciales y de operadores turísticos.

En el interior del continente existen los denominados hielos azules que son áreas de

hielo libres de nieve que permiten el aterrizaje de aviones del tipo C-130. Uno de estos lugares es Patriot Hills, a 3.000 kilómetros de Punta Arenas, al cual, operando desde esta ciudad, se están llevando turistas desde hace más de diez años. Usando Patriot Hills como base, los turistas y excursionistas continúan desde allí en aviones Twin Otter o Cessna a otros destinos como el Monte Vinson, el Polo Sur, Montañas Transantárticas, etcétera.

Desde Sudáfrica hacia la región de la Antártica del Este, ubicada en Longitud 10° E, también se hacen vuelos de tipo comercial en aviones C 130. Estos tienen el apoyo de aviones Twin Otter que van desde Punta Arenas para proporcionar información meteorológica. En esa área hay bases sudafricana, japonesa, belga y rusa.

En general, en lo que a turismo antártico se refiere, la conclusión es que, debido a que en la Antártica hay suficientes atracciones naturales que lo justifican, unido a un creciente interés de parte de personas de todo el mundo en realizarlo, las condiciones esenciales están dadas para que el turismo, tanto marítimo como aéreo, se pueda realizar.

Sin embargo, se había producido una curiosa reacción de parte de los organismos de los cuales dependen las bases antárticas. Los responsables de la administración de estas bases, tanto científicas como nacionales, se habían manifestado contrarios al turismo, aduciendo que estas actividades perturbaban e interferían con las propias, o les originaban mayores gastos, o que contaminaban. No obstante, a través de los años se hizo evidente que los antiguos prejuicios al turismo antártico no eran justificados, por lo que hoy en día ésta es una actividad lícita que se realiza con un alto grado de seguridad tanto para la vida humana como para el entorno.

TEMA 9

LAS OPERACIONES POLARES: RIESGOS Y DESAFIOS LOGISTICOS

Patricio Eberhard

Logística antártica para un nuevo milenio

Al inicio de un nuevo milenio, conviene analizar los nuevos enfoques que caracterizan las actividades logísticas, operativas, turísticas y científicas que se realizan en la Antártica. La globalización del mundo no puede excluir ni ser ajena a la diversidad de actividades que son llevadas a cabo en dicho continente. Hoy, más que nunca existe una gran interrelación entre los operadores de los programas antárticos y los diferentes actores ligados a este continente.

Las telecomunicaciones vía satelital; la llegada de INTERNET a la Antártica; la plena vigencia del Protocolo de Madrid; la robotización en la búsqueda de meteoritos; la perforación de más de tres mil metros de hielo para llegar a un lago por cierto desconocido; la instalación en el corazón de la Antártica de un telescopio astronómico; la creación de una red aérea en el interior del continente; la medicina a distancia, donde una radiografía tomada en una base polar puede ser analizada por un médico en cualquier parte del mundo en forma instantánea, son algunas de las acciones que están definiendo las actividades del nuevo milenio y que en cierta medida muestran la fuerza de los cambios y la vigorización del Sistema Antártico.

Por otro lado, el cambio global del clima con grandes alteraciones físicas, miles de muertos, billones de dólares en pérdidas, afectando a países ricos y pobres; la disminución de la capa de ozono que no sólo afecta a Antártica sino también a ciudades como Punta Arenas y Ushuaia; los ecosistemas dependientes y asociados principalmente entre América y la Antártica, con una trascendencia que recién estamos comprendiendo; la protección del medio ambiente con una gran componente globalizante, son algunos de los principales desafíos que debe enfrentar la comunidad internacional, integrando enfoques multidisciplinarios y renovadores, donde científicos, juristas, diplomáticos, técnicos, gobernantes y economistas deben actuar mancomunada y solidariamente.

Recientemente la Cancillería de Chile realizó el Primer Seminario sobre Política Exterior y Medio Ambiente, en el cual expositores nacionales y extranjeros resaltaron una gran cantidad de convenios internacionales que obligan a una interacción más globalizada y donde se presentan grandes desafíos técnicos, económicos y jurídicos que obligan a una mayor meditación, análisis y respuestas.

Por otra parte, podemos decir que Chile enfrenta en buen pie los desafíos de este nuevo milenio, con el reconocimiento de los principales organismos internacionales al designar en sus cúpulas organizativas a 3 representantes de nuestro país. Tal es el caso del SCAR, que en la XXV Asamblea eligió al Dr. José Valencia como uno de sus vicepresidentes. En el mismo caso está el embajador Jorge Berguño que en la XXII RCTA en Tromsø fue elegido para ocupar la primera vicepresidencia del recientemente formado Comité para la Protección del Medio Ambiente, de acuerdo al Protocolo de Madrid. Y en la X Asamblea de los COMNAP SCALOP donde se renovó la directiva superior de

estos organismos, en la cual tengo el honor de haber sido elegido presidente de SCALOP e integrante por derecho propio del Comité Ejecutivo de los COMNAP. Cabe tener presente que este Comité quedó integrado por primera vez, exclusivamente por representantes del hemisferio sur y de los cinco países puentes hacia la Antártica: Argentina, Chile, Nueva Zelanda, Sudáfrica y un secretario ejecutivo de Australia, donde está ubicada la sede de este Comité.

Por otra parte, se están realizando una gran cantidad de eventos de carácter internacional en nuestro país que reflejan la importancia del tema antártico y su proyección hacia el nuevo milenio. Baste recordar la XXV Reunión del Scar y X de COMNAP y SCALOP que congregó a más de 400 delegados en Concepción; el reciente y ya citado Seminario de la Cancillería; este mismo seminario de Punta Arenas que nos abre una nueva perspectiva contrastante con el Artico; un seminario organizado por Chile y Canadá en el marco del programa GLOBESAR para analizar las imágenes del océano y de la Antártica que se acaba de realizar en Valparaíso; un taller latinoamericano organizado por el INACH y un Comité conjunto de SCAR y COMNAP para implementar bancos de datos en la región integrados a un banco de metadata en Nueva Zelanda. En este sentido, no puedo dejar de mencionar que también nuestra Cancillería, viendo la trascendencia que está teniendo el medio ambiente, la Antártica y el mar, ha creado una Dirección especial dentro de su renovada estructura, y el mismo INACH está estudiando reestructurar sus funciones para incorporar orgánicamente todos estos nuevos desafíos en un solo departamento.

Este enfoque es lo que los especialistas están denominando como «teoría de la complejidad», cuyo estudio pretende unificar e integrar el conocimiento y aplicación existentes en disciplinas distintas. En otras palabras, definir las características y capacidades de los sistemas para interactuar con su entorno de manera adaptativa, modificándolo o modificándose en este proceso, buscando un equilibrio dinámico (no estático) de permanente adaptación o de coevolución. Recientemente, en Santiago el premio Nobel e impulsor de estas teorías, el físico Murray Gell-Mann expuso con claridad los nuevos conceptos emergentes en este complejo mundo que está revisando como enfrentar el tercer milenio.

Aplicación del Protocolo de Madrid

Sin duda la entrada en vigencia del Protocolo de Madrid en enero de 1999, produce un cambio sustancial en el enfoque que debemos dar a nuestras actividades. Si bien es cierto, hasta ahora el Protocolo lo veníamos aplicando en forma voluntaria desde 1991, quizás como una "marcha blanca", ahora es mandatario para los Estados, los operadores y la comunidad toda. Esto nos presenta grandes dificultades y complejidades, con gran esfuerzo de los países y organismos del Sistema Antártico por encontrar alternativas de solución viables y acordes con nuestras realidades.

Uno de los aspectos más complejos que está enfrentando la comunidad internacional es aceptar consensuadamente un nuevo anexo del Protocolo (basado en el artículo 16) que reúna todas las normas y procedimientos relativos a las responsabilidades derivadas

de daños provocados por actividades que se desarrollen en el área del Tratado Antártico. Veamos algunas interrogantes que nos plantea este tema:

¿Qué se deberá entender por «daño» ambiental? ¿O cuál es el daño objeto de responsabilidad? ¿Qué pasa cuando el daño no es reparable o no hay obligación de restaurar? O, ¿Existen daños “aceptables”?

¿Cómo valorizar este daño para obtener una recuperación económica, aunque el medio ambiente no se pueda recuperar o restituir?

¿Qué se define por “operador”? Los operadores nacionales ¿son efectivamente operadores privados o representan y comprometen al Estado? ¿Qué pasa cuando actúan varios operadores de distintos países?

¿Qué tipo de seguros por responsabilidad ante daños por contaminación existe en el mercado o se podrían implementar para la Antártica?

¿Las EIA contemplan las evaluaciones de riesgo, el daño o las responsabilidades a la alteración del medio ambiente?

¿Qué podemos asimilar de los países del Ártico en donde ha habido grandes daños al medio ambiente, existiendo sistemas de seguros y responsabilidades para casos de derrame de hidrocarburos?

¿Puede un anexo al Protocolo contemplar materias más allá de lo que el mismo Protocolo contempla?

De mayor complejidad son los aspectos de jurisdicción frente a casos de daños y de responsabilidad ambiental. Aquí adquiere una gran importancia los puertos de acceso (gate ports) como Punta Arenas o Ushuaia ya que de acuerdo al Protocolo, existen exigencias y responsabilidades de las Partes desde cuyos puertos zarpan buques hacia la Antártica. También se formula la situación de ¿qué pasa cuando una persona de un país que no forma parte del Tratado Antártico causa un daño al medio ambiente?

Código Polar

La Organización Marítima Internacional (OMI) está estudiando la implementación de un Código Internacional de Seguridad para los Buques que Navegan en Aguas Polares, más conocido como Código Polar. Se prevé que éste se aplicará tanto para el Ártico como la Antártica a partir del año 2001.

Este Código establece normas para la construcción de buques con casco reforzado para resistir hielos, cargamentos protegidos con paneles dobles y cisternas búnker para el transporte de cargas peligrosas o de hidrocarburos.

En la misma forma propone una reglamentación para los equipos náuticos, equipos contra incendio y equipos de rescate que deben tener los buques que navegan en esas aguas, especialmente si transportan hidrocarburos.

Igualmente contempla la reglamentación operacional para la navegación en aguas cubiertas con hielo, manejo del riesgo, calificación y capacitación, equipos de emergencia y reglamentación de vigilancia ambiental.

En este sentido cabe reflexionar sobre un nuevo enfoque que están aplicando los operadores, con relación a la calificación y capacitación a que hace mención este Código. Me refiero a la educación y entrenamiento. El primer concepto, educación, se refiere a toda la difusión o información orientada hacia terceros. En tanto, el entrenamiento o capacitación son los cursos que deben tener los actores antárticos. En este contexto se prevé que por ejemplo, los operadores de buques, capitanes, oficialidad y tripulación debieran tener como requisitos obligatorios determinados cursos de entrenamiento para prevenir daños al medio ambiente. Para la próxima XXIII RCTA en Perú, los COMNAP presentarán la formación de dos nuevos grupos de redes de contacto: Antarctic Information Officers Network INFONET con el fin de intercambiar información y experiencias relacionadas con información pública e iniciativas de educación. El otro grupo Antarctic Training Network -TRAINET, tiene como objetivo el intercambio de información y experiencias en el entrenamiento de expedicionarios antárticos y de otros visitantes a ese continente.

Comunicaciones

Quizás este sea un campo de mayor evolución y revolución en las relaciones antárticas. La existencia de una constelación de satélites no sólo permite una comunicación directa vía telefónica o mediante correo electrónico con casi cualquier punto de la Antártica, sino que también el uso de sistemas de posicionamiento geográfico -GPS, que está cambiando la cartografía antártica, además de proporcionar una gran ayuda y certeza a programas científicos.

En estos momentos, en la Antártica, un grupo de científicos norteamericanos y chilenos están experimentando con un robot que busca meteoritos llegados desde el espacio. Los desplazamientos y movimientos del robot NOMAD son controlados remotamente desde EE.UU. inclusive con la participación de escolares.

En todas nuestras bases permanentes las dotaciones pueden ver diferentes alternativas de canales de televisión en forma directa y los alumnos de la Escuela que el Ministerio de Educación mantiene en la base Frei, no sólo están conectados via INTERNET con el resto de las escuelas del país, sino que también con los grandes museos del mundo o bancos de datos que posean páginas web en dicho sistema.

También mediante INTERNET el programa ARGONAUTA, con la participación de Alemania, Italia, Argentina, Chile y otros países está integrando una red de telemedicina no sólo para transmitir radiografías, cardiogramas o exámenes médicos a cualquier lugar del mundo, sino que también está propiciando un programa de teleeducación para mantener actualizados a los médicos que permanecen durante un año en dicho continente.

Cada vez se estructuran nuevos y más grupos de especialistas que operan en redes de contacto vía correo electrónico, con un gran intercambio de información y datos, en un esquema informal de gran aceptación y efectividad. Igualmente casi todos los programas antárticos ya poseen páginas web y bancos de datos que son compartidos de acuerdo al

espíritu del Tratado Antártico, integrándose a sistemas de información basados principalmente en las potencialidades que ofrece INTERNET.

Lago Vostok

Quizás uno de los mayores desafíos científicos y logísticos que enfrenta la comunidad internacional, es el estudio del lago Vostok y que lleva a cabo el Instituto de Investigaciones Ártico y Antártico de San Petersburgo, de Rusia.

Este lago, ubicado cerca de la base del mismo nombre en la Antártica, mide 230 km. de largo por 50 km, de ancho, con un área de 14.000 km² y una profundidad de hasta 670 m. La particularidad de este lago es que está bajo una gruesa capa de hielo, que en la parte norte del lago alcanza 4.100 m de espesor y en la parte sur sólo 3.750 m., según mediciones realizadas mediante radio-eco y de resonancia sísmica. En el fondo del lago existe una complicada estructura de sedimentos de un espesor de entre 90 y 330 m.

En un proyecto conjunto de Rusia, Francia y EE.UU. a enero de 1998 se había logrado perforar la capa de hielo hasta 3.623 m. de profundidad, quedando sólo 110 metros para llegar a la superficie del lago. Estudios preliminares establecen que la parte inferior de la capa de hielo, por sobre los 3.538 metros de profundidad corresponde a agua dulce congelada.

En estos momentos se están formulando una serie de requerimientos tecnológicos y científicos para continuar la perforación y para investigar las analogías existentes con la luna Europa del planeta Júpiter.

¿Cuáles son las principales dudas que hay sobre el lago?

De partida se desconoce su extensión; su profundidad (excepto en la parte sur) el espesor de los sedimentos de fondo; las características del agua; la circulación del agua; la textura y composición del hielo en la base de la capa de hielo; el origen del lago mismo; la edad y los estados de evolución del lago; el flujo de calor geotermal y su variación espacial; los niveles de temperatura del lago; las cualidades del agua; el contenido de gas y nutrientes; las características de los sedimentos, y por último la existencia de vida. ¿Cómo examinar los posibles organismos microbiológicos sin contaminarlos? En este sentido hay aspectos ambientales cruciales como ser la posible interferencia de organismos biológicos existentes en el lago y que lleguen a la superficie del planeta, o cómo evitar la contaminación antropogénica al sistema del lago. De hecho ya se está estudiando y caracterizando la aerobiota de la vecindad de la base Vostok. Por otro lado, todos los equipos usados deben estar esterilizados, químicamente inertes, y usando fluidos libres de cualquier tipo de microbios.

Debemos tener presente que los estudios del lago Vostok generarán una información única tanto para el conocimiento glaciológico, hidrológico, paleogeográfico, geológico, microbiológico, etc. de nuestra propia planeta, como también en general para la ciencia y el conocimiento de otros planetas.

La continuación de este proyecto requiere un gran esfuerzo internacional, colaboraciones multidisciplinarias, incluyendo un complejo estudio de EIA de acuerdo al Protocolo de Madrid.

Conclusiones

El nuevo milenio nos ofrece una posibilidad de renovar y replantearnos nuestra posición frente al destino y futuro de la Antártica. Más aún, cuando se están generando importantes y trascendentales cambios y cuando gran parte de la humanidad ha centrado su interés en este continente.

Por el desarrollo de las actividades logísticas y operativas en la Antártica, el apoyo a programas científicos, constituye cada vez más una actividad de mayor complejidad, de equilibrio dinámico y de adaptabilidad, además de alto costo y responsabilidad para enfrentar riesgos, unido a una gran interrelación y globalización con otras disciplinas.

La protección del medio ambiente es uno de los principales factores y elementos que deben considerarse en la planificación y ejecución de cualquier actividad que se desarrolle en el área del Tratado Antártico.

Los problemas ambientales no deben politizarse ni enmarcarse en determinados grupos e ideologías. Por el contrario, deben ser parte de un sistema global, interrelacionado, con participación de múltiples enfoques disciplinarios y teniendo presente las responsabilidades individuales y colectivas en un marco que complementa el desarrollo de la ciencia y la sustentabilidad ambiental.

Así lograremos una Antártica consagrada a la paz y a la ciencia, a la vez que una Antártica útil a la humanidad

Denis A. St-Onge O.C.

The Polar Continental Shelf Project

There is no doubt that Polar Shelf has been essential in allowing Canadian and foreign scientists to study the complex environments of the Canadian Arctic. This extraordinarily efficient organization has played a significant role in helping the world community to better understand and appreciate the significant impact that the Arctic has on all the inhabitants of this Blue Planet.

Canada's Polar Continental Shelf Project (PCSP or Polar Shell) has been quietly supporting significant research north of the 70 parallel since 1958. The provision of facilities and logistical support enables scientists to define geographic limits, establish mineral claims, identify safe shipping routes and pollution sources and record traditional knowledge about the North's aboriginal peoples.

"Cabinet was convinced that the far northern islands could become a great national asset, that Canada needed a more definitive presence in the islands and that perhaps scientific exploration as national policy was the logical way to achieve this sovereignty".

- * George Hobson
- * Former PCSP Director

Examples of PCSP-supported Research Programs

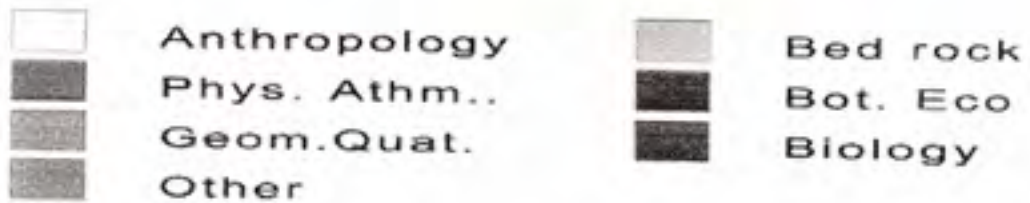
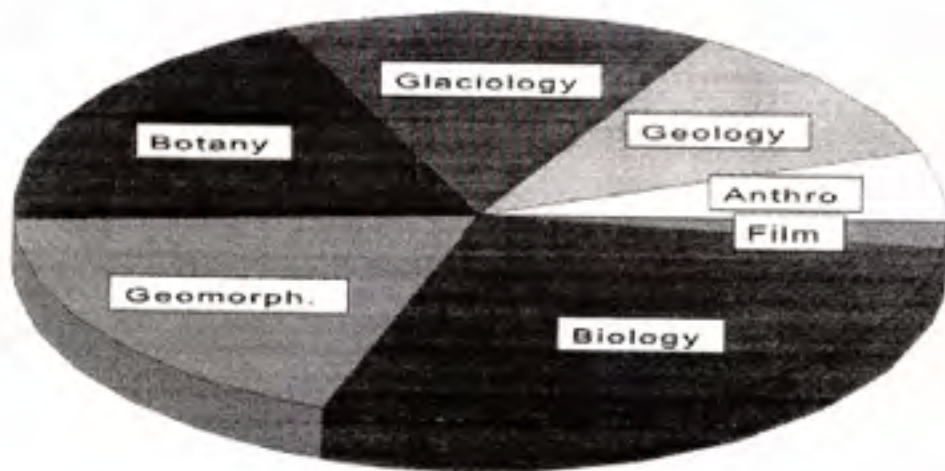
- * Studies to determine the impact of climate change on Northern ecosystems
- * Hydrographic surveys to help identify safe shipping routes
- * Geological mapping
- * Impact studies of large development programs
- * Fish and wildlife population assessments
- * Traditional knowledge programs to reserve native cultures
- * PCSP provides logistic support for scientists participating in the Canadian Arctic-Antarctic Exchange Program which encourages Canadian research scientists to collaborate more closely with their Antarctic colleagues in joint Arctic field programs. In turn, Canadian participants are provided greater opportunity to work in Antarctic on comparative bi-polar studies.

In 1992 PCSP established a "Scientific Screening Committee" to evaluate applications for support from non government scientists.

The following chart indicates the discipline distribution for projects in 1997:

SCIENTIFIC SCREENING COMMITTEE

By Discipline - 1997



Presencia de la Armada de Chile en la Antártica

Introducción histórica

La presencia de la Armada de Chile en la historia antártica se remonta a los primeros años de nuestra existencia como nación independiente, cuando el Capitán de Puerto de Valparaíso, Juan José Tortel, autoriza el ingreso y zarpe de las naves que descubrieron la Antártica, como el bergantín *Williams* y la *Andromache*, enviada para confirmar dicho descubrimiento; al igual que las faenas emprendidas por naves de matrícula de Valparaíso, el *Livonia*, utilizado también como transporte auxiliar de la Expedición Libertadora del Perú y el *Dragón*, adquirido por comerciantes chilenos para la cacería de lobos marinos antárticos, que fue la primera nave en abordar la costa de la Península Antártica en 1820.

La toma de posesión de Magallanes por el capitán de fragata Juan Guillemos en 1843; la posterior creación del Apostadero Naval de Magallanes, las iniciativas del Gobernador de dicho Territorio, capitán de Navío Manuel Señoret para apoyar una expedición antártica chileno-sueca que encabezaría el Dr. Nordenskjöld en 1893; la participación del almirante Arturo Wilson en la comisión organizadora de la expedición nacional desbaratada por el terremoto de 1906; la autorización concedida ese mismo año por el Gobernador Froilán González a la Sociedad Ballenera de Magallanes para ocupar la isla Elefante; y el rescate desde esa misma isla de los miembros de la expedición británica de Shackleton, en agosto de 1916, por el Piloto Luis Alberto Pardo en la escampavía *Yelcho*, son manifestaciones destacadas de una temprana vocación antártica de la Marina chilena.

Es útil tener presente en un simposio de esta naturaleza que si la navegación austral es el quehacer natural de la Armada de Chile, no ha estado tampoco ajena a la preocupación por las regiones polares en forma global. En 1909 se creó en Bélgica la Comisión Polar Internacional, que subsistió hasta los inicios de la Primera Guerra Mundial y que abarcaba tanto las cuestiones árticas como las antárticas y por iniciativa del Director General de la Armada, vicealmirante Jorge Montt, asumió la jefatura de la delegación chilena el Jefe de la Comisión Naval de Chile en Londres. Los oficiales navales chilenos concurren también a los Congresos Internacionales de Geografía, aprobando las resoluciones que urgían la exploración de las regiones polares. En 1932, la Revista de Marina publicaba las propuestas de la oficina Meteorológica de la Armada para el Segundo Año Polar Internacional; y, desde su creación, la Oficina Hidrográfica de la Marina Nacional, dirigida por Francisco Vidal Gormaz, se une al Observatorio Astronómico Nacional en una visión científica universal, que no desmerece sino refuerza la naciente conciencia antártica que promoverán oficiales tan distinguidos como Ismael Gajardo, Luis Pomar, Manuel Señoret y Arturo Wilson.

La Armada de Chile había ofrecido al contralmirante Richard Byrd de los Estados Unidos apoyo naval para una expedición que se realizaría en 1928, pero que fue reorientada

hacia el Mar de Ross. Este ofrecimiento fue correspondido con la oferta de que dos oficiales de la Armada chilena participasen en la posterior expedición de 1940, distinción que recayó en los tenientes Federico Bonert y Exequiel Rodríguez. La Superioridad Naval acogió la propuesta contenida en el informe de estos observadores de construir en los astilleros nacionales una escampavía de gran radio de acción «para navegar a la Antártica en viajes de estudio, soberanía o auxilio a expediciones extranjeras...»

Cuando en 1939, el Gobierno chileno designó al jurista Julio Escudero para completar, mediante la delimitación del sector chileno, los estudios iniciados en 1901, lo asesoró el capitán de navío Enrique Cordovez, quien tendría también la oportunidad de viajar hasta los 68° S., junto con otros dos oficiales chilenos, invitados a participar como observadores de la primera expedición antártica argentina.

Completada en 1940 la tarea de delimitación, cuando el Supremo Gobierno determina en 1946 el envío de la expedición nacional, el plan operativo de ella, con todos los detalles y el respectivo presupuesto fueron elevados de inmediato por la Comandancia de la Armada; el transporte *Angamos* junto a la fragata *Iquique* realizaron una vasta actividad hidrográfica y científica en las aguas antárticas, como asimismo de construcción de la primera base y de señalización marítima, inaugurando una actividad de presencia nacional anual, al comienzo y permanente, en la actualidad.

La Armada de Chile está presente en la Antártica, en forma permanente, desde el año 1947, cuando instaló la entonces Base "Soberanía", hoy Base Naval Antártica "Arturo Prat". El 06 de Febrero de ese año, se inauguró dicha base, la que se ubica en Bahía Chile, en la costa Noreste de la isla Greenwich.

A contar del año 1987 se creó la Gobernación Marítima del Territorio Antártico Chileno, la que en el tiempo se ha ido aumentando con la creación de Capitanías de Puerto dependientes de ella. En la actualidad operan en forma permanente las Capitanías de Bahía Chile y Rada Covadonga y en forma temporal, durante los períodos estivales las Capitanías de Bahía Fildes y Bahía Paraíso. Todas estas dependencias institucionales tienen por propósito apoyar las operaciones marítimas que realizan los distintos países en el área de la Península Antártica.

Presencia permanente

A través de la Dirección del Territorio Marítimo (DIRECTEMAR) la Armada da cumplimiento cabal a los convenios de la Organización Marítima Internacional (OMI) efectuando inspecciones y controles en los puertos nacionales a las naves que se dirigen a la Antártica; y manteniendo un sistema apropiado de control marítimo en toda el área austral-antártica. Mantiene además un plan de contingencia nacional para combatir los derrames de petróleo en la Antártica y ha propuesto Planes Regionales para la región de la Península Antártica al Consejo de Administradores de Programas Nacionales Antárticos (COMNAP) incluyendo asimismo la prevención del vertimiento de sustancias nocivas al mar.

Anualmente, una flotilla de buques de la Armada de Chile, compuesta por un

Rompehielos y dos Remolcadores de Altamar, realizan operaciones en la Antártica entre los meses de noviembre y marzo del año siguiente. Además durante algunos inviernos también se realizan actividades con el Rompehielos.

El propósito de la flotilla es relevar a personal de todos los Operadores Antárticos Nacionales destacados en la Antártica, efectuar actividades de apoyo logístico y realizar campañas científicas, hidrográficas y oceanográficas.

La Armada de Chile ha realizado, año tras año, sus campañas antárticas, con más de 200 viajes al Continente Antártico. Aparte de las actividades de rescate y salvataje marítimo, comenzando por la ya mencionada a la expedición de Shackleton en 1916, cabe mencionar que en 1961 acogió de urgencia a un miembro de la base argentina Almirante Brown; que, en 1967 y 1969, las unidades del grupo de tarea antártico realizaron un riesgoso rescate de la dotación de la base Pedro Aguirre Cerda de la Fuerza Aérea de Chile y los helicópteros del Piloto Pardo auxiliaron a la dotación de la base británica John Biscoe y a un grupo de vulcanólogos, con ocasión de la erupción volcánica en isla Decepción; a lo cual se suma la asistencia prestada en 1968 al buque polar británico *Shackleton*. Y, en 1979 el salvataje de pasajeros del crucero de turismo antártico *Lindblad Explorer*.

Los medios navales antes mencionados desarrollan cada verano un considerable esfuerzo logístico, de reaprovisionamiento de las bases, transporte de combustible y carga y extracción de basura. El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico da cumplimiento a los acuerdos con la Organización Hidrográfica Internacional para la producción de numerosas cartas antárticas dentro de un nuevo esquema cartográfico. La oceanografía es una de las principales actividades desarrolladas, incluyendo la participación en el Experimento Mundial de Circulación Oceánica (WOCE) y otros programas internacionales, así como la observación del hielo marino. En la Base Prat existe una Estación de Ciencias Marinas que opera con participación de la Armada, el Instituto Antártico Chileno y la Universidad del Norte; y la Armada apoya también un proyecto internacional del INACH en las islas Diego Ramírez sobre observación de los albatros.

En el año 1998, los Gobiernos de la República de Chile y la República Argentina, animados del propósito de salvaguardar la vida humana en el mar y en el marco de lo establecido en el Convenio Internacional sobre Búsqueda y Salvamento Marítimo de 1979, acordaron desarrollar actividades y ejercicios de búsqueda, rescate y salvataje marítimo, así como contribuir a la preservación del medio ambiente en el área antártica, a través de la Patrulla Antártica Naval Combinada (PANC).

En el transcurso de ese verano austral (1998/1999), se realizó la primera PANC con la participación de dos unidades por parte de cada Armada, los ATF. "Leucotón" y "Lautaro" de la Armada de Chile y los Avisos ARA. "Francisco de Gurruchaga" y ARA "Suboficial Castillo" de la Armada Argentina.

Debido a los resultados positivos que se obtuvieron de los ejercicios y actividades realizadas, se acordó constituir la PANC en forma integrada y alternada, dentro del área

comprendida al sur del paralelo 60° S entre los meridianos 10° W y 131° W, entre el 15 de noviembre y 15 de marzo de cada año.

El Comandante en Jefe de la IIIa. Zona Naval con sede en la ciudad de Punta Arenas y el Comando del Área Naval Austral con asiento en la ciudad de Ushuaia, tienen la responsabilidad de conducir la Patrulla Antártica alternativamente por periodos de 30 días. Mientras un buque cumple las funciones de Buque de Servicio Antártico, otro del país vecino se encuentra disponible y esperando la orden para actuar en caso de ser necesario, bajo la denominación de Buque de Apoyo Antártico.

Desde el año 1991, se realiza en la Escuela de Navegación Antártica "Piloto Pardo", en Valparaíso, Chile, el curso de Operaciones en Aguas Antárticas, el que tiene por propósito preparar a los Oficiales nacionales que tienen la responsabilidad de conducir las naves chilenas que concurren a la Antártica. Además en este curso participan Oficiales de otras nacionalidades.

La Armada, además de la labor cartográfica ya mencionada, ha contribuido significativamente a la literatura científica, histórica y técnica antártica, con la citada publicación de la Revista de Marina desde el siglo XIX, con los Anuarios Hidrográficos, con el Derrotero de la Costa de Chile, las Instrucciones Generales de Pilotaje en el Territorio Antártico Chileno, el Atlas Antártico y el Diccionario de Nombres Geográficos cuyo volumen dedicado a la Antártica ha sido recientemente actualizado.

Finalmente, la Armada tiene destinado alrededor de quince personas durante todo un año en la Antártica, el que aumenta a más de doscientos durante los periodos estivales.

Participantes

Jorge Acevedo, Oficina del Instituto Antártico Chileno, Rómulo Correa 375, Punta Arenas, Chile. jacevedo@123mail.cl

Anelio Aguayo, Oficina del Instituto Antártico Chileno, Rómulo Correa 375, Punta Arenas, Chile.

Masamu Aniya, Universidad de Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305 -857, Japón.

Tarcisio Antezana, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 2047, Concepción, Chile. antezana@udec.cl

Wolf Arntz, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Columbusstrasse, D-27568 Bremerhaven, Germany.

Soledad Astorga, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

Margaret Baker, Universidad de Alaska/Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

George Barale, Université Claude Bernard Lyon 1.43, Bd du 11 novembre 1918. 69622 Villeurbanne, Cédex, France

Henry H. Brecher, Byrd Polar research Center The Ohio State University, 1090 Carmack Road, Columbus, OH 43210 United States of America

Beatriz Candia, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

Johann Canto, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

Carlos Cárdenas, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile

Jorge Carrasco, Dirección Meteorológica de Chile, Casilla 63, Correo Internacional, Santiago, CHILE. jcarrasco@meteochile.cl

Ruben Carvallo, Departamento de Electricidad, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile

Gino Casassa, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, CHILE. gcasassa@ona.fi.umag.cl

Miryam Colacrai de Trevisán, Directora Adjunta, Centro de Estudios de Relaciones Internacionales de Rosario (CERIR), Universidad de Rosario, Investigadora Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Rosario, Argentina.

Enrique Cordaro, Departamento de Física, Universidad de Chile, Casilla 5487, Santiago, Chile. ecordaro@cec.uchile.cl

Patricio Eberhard, Instituto Antártico Chileno, Casilla 16521, Correo 9, Santiago, Chile. peberhard@inach.cl

Humberto Galleguillos, Universidad Mayor, Av. Renato Sánchez 4369, Las Condes, Santiago, Chile.

Matthias Gorny, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

Néstor Hernández, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

Tatiana Hromic, Laboratorio de Micropaleontología, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, CHILE. thromic@oaniken.fc.umag.cl

Erling Johnson, Facultad de Ingeniería, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile. ejohn@ona.fi.umag.cl

Heiner Lange, Terrasat S.A, Santiago, Chile. Hainer@iname.com

Octavio Lecaros, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

Javier Lopetegui, Adventure Network Chile, Araucó 935, Punta Arenas, Chile.

Henriette Meón, Université Claude Bernard Lyon 1.43, Bd du 11 novembre 1918. 69622 Villeurbanne, Cédex, France.

Erika Mutschke, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

Mateo Martinic, Director Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile. mmartinic@oaniken.fc.umag

Renji Naruse, Universidad de Hokkaido, Japon. ren@pop.lowtem.hokudai.ac.jp

Yoshihide Ohta, Norsk Polarinstittutt, Polarmiljosenteret, N-9005, Tromso, Noruega.

Marc Philippe, Université Claude Bernard Lyon 1.43, Bd du 11 novembre 1918. 69622 Villeurbanne, Cédex, France

Eduardo Olivero, Director Centro Austral de Investigación Científica (CADIC), Ushuaia, Argentina. oolivero@sattlink.com

Ennio B. Pereira, Instituto de Pesquisas Espaciais, Brasil. enio@dge.inpe.br

Oscar Pinochet de la Barra, Director Instituto Antártico Chileno, Casilla 16521-Correo 9, Santiago, Chile. opinochet@inach.cl

Carlos Rinaldi, Director del Instituto Antártico Argentino, Cerrito 1248, 1010 Buenos Aires, Argentina.

Carlos Ríos, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, CHILE. crios@oaniken.fc.umag.cl

Andrés Rivera, Departamento de Geografía, Universidad de Chile, Marcoleta 250, Santiago, Chile

Juan Pablo Riveros, Instituto de Estudios Internacionales, Universidad de Chile, Condell 249, Santiago, Chile.

Hugues Rousseau, Consejero Político Embajada de Canadá, Santiago, Canada.

Robert Rutford, Geosciences Program, University of Texas at Dallas, P.O. Box 830688, USA. rutford@utdallas.edu

Denis St-Onge, Presidente, The Royal Canadian Geographical Society, Canada.

Víctor Sepúlveda Aguirre, División Asuntos Internacionales. Estado Mayor General de la Armada, Armada de Chile, Correo Naval, Valparaíso, Chile.

Hellmuth Sievers, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Valparaíso, Casilla 13-D, Viña del Mar, Chile. hsievers@uv.cl

Pedro Skvarca, Instituto Antártico Argentino, Cerrito 1248, 1010 Buenos Aires, Argentina.

Toshio Sone, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan. tsone@pop.lowtem.hokudai.ac.jp

Rubén Stehberg, Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago, Chile. rstehberg@mnhn.cl

Jorge A. Strelin, Instituto Antártico Argentino y Centro Austral de Investigaciones Científicas, Av. Malvinas Argentinas s/n°, (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina. jstrelin@satlink.com.

Toshio Sone, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan. Tsone@pop.lowtem.hokudai.ac.jp

Teresa Torres, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Casilla 1004, Santiago, Chile

Daniel Torres, Instituto Antártico Chileno, Departamento Científico, dtorres@inach.cl

José Valencia, Presidente del Comité Nacional de Investigaciones Antárticas (CNIA), Instituto Antártico Chileno, Casilla 16521- Correo 9, Santiago, Chile. jvalenci@inach.cl

Víctor Valderrama, Facultad de Ciencias, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

Emilio Vera, Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Santiago, Chile. evera@dgf.uchile.cl

Ute Volbehr, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

José Yañez, Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago, Chile. jyanez@mnhn.cl

Agradecimientos

El Segundo Simposio “¿Polos Opuestos?” fue organizado por el Instituto Antártico Chileno, la Universidad de Magallanes, la Embajada de Canadá en Chile y la Intendencia Regional de Magallanes. Actuó como Coordinador del Encuentro el profesor Gino Casassa de la Universidad de Magallanes. Gracias al aporte y la cooperación de las cuatro instituciones organizadoras, del Ejército de Chile, Armada de Chile, Fuerza Aérea de Chile, Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Empresa Nacional de Petróleo, ESMAG, EDEILMAG, Methanex, pudieron desarrollarse todas las actividades relacionadas con el Simposio.

El editor agradece la colaboración de las entidades y personas participantes en este esfuerzo, el aporte de Lucía Ramírez a la primera ordenación del contenido de este libro, las orientaciones del Dr. José Valencia respecto a su estructura y la constante dedicación de Yasna Ordóñez y de sus colaboradores en el Departamento de Difusión del INACH, Juan Ríos y Mónica Santana, por hacer realidad este volumen.

