NACIONES
UNIDAS

A

Asamblea General

Distr.
GENERAL

A/51/390
20 de septiembre de 1996
ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

Quincuagésimo primer período de sesiones
Tema 62 del programa

CUESTIÓN DE LA ANTÁRTIDA

El estado del medio ambiente en la Antártida

Informe del Secretario General

ÍNDICE

		Párrafos	Página
Siglas			3
Capítulo			
I.	INTRODUCCIÓN	1 - 3	6
II.	EL PAPEL DE LA ANTÁRTIDA EN EL SISTEMA ECOLÓGICO MUNDIAL	4 - 7	6
III.	ACTIVIDADES DEL SISTEMA DEL TRATADO ANTÁRTICO Y DE LOS ORGANISMOS INTERNACIONALES	8 - 58	8
	A. Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente	8 - 13	8
	B. Convenio para la conservación de las focas antárticas	14	9

96-24982 (S) 061196 071196

ÍNDICE (continuación)

		Párrafos	Página
C.	Convenio para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida	15 - 19	10
D.	Convención internacional de la pesca de la ballena	20 - 23	11
E.	La investigación científica en la Antártida y la protección del medio ambiente antártico	24 - 37	12
F.	Gestión de datos sobre la Antártida	38	16
G.	Organizaciones internacionales	39 - 55	17
H.	La vigilancia del medio ambiente en la Antártida	56 - 58	21
IV.	EL ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN LA ANTÁRTIDA: SINOPSIS DE ALGUNOS DESCUBRIMIENTOS RECIENTES .	59 - 111	22
A.	Actividades científicas y de apoyo	60 - 63	22
B.	Turismo antártico	64 - 74	23
C.	Pesca	75 - 84	27
D.	Contaminantes transportados a larga distancia	85 - 92	30
E.	Agotamiento del ozono	93 - 97	32
F.	Hielo marino	98 - 103	34
G.	Mantos de hielo	104	37
V.	OBSERVACIONES FINALES	112 - 123	40
A.	Cuestiones ambientales	112 - 117	40
B.	Un informe completo sobre el estado del medio ambiente en la Antártida	118 - 123	42

SIGLAS

ACSE	Ecosistema costero y de la plataforma continental de la Antártida
AGONET	Red de observatorios geoespaciales de la Antártida
APIS	Antarctic Pack Ice Seals
ASOC	Coalición de la Antártida y el Océano Antártico
ASPECT	Procesos del hielo marino, los ecosistemas y el clima de la Antártida
BIOTAS	Programa internacional de investigaciones biológicas de sistemas terrestres antárticos
CCIA	Comité Científico de Investigaciones Antárticas
CCIO	Comité Científico de Investigaciones Oceánicas
CFC	Clorofluorocarbono
CIUC	Consejo Internacional de Uniones Científicas
CLIVAR	Variabilidad y previsibilidad del clima
COI	Comisión Oceanográfica Intergubernamental
EASIZ	Ecología de la zona de hielo marino antártico
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FROST	Primer estudio regional de observación de la troposfera
GCTE	Cambios Mundiales y los Ecosistemas Terrestres
GESAMP	Grupo Mixto de Expertos sobre los aspectos científicos de la protección del medio marino
GIPME	Investigación Mundial de la Contaminación en el Medio Marino
GLOCHANT	Cambio climático mundial y la Antártida

SIGLAS (continuación)

GOS	Sistema Mundial de Observación
GRID	Base Mundial de Información sobre Recursos
IAATO	Asociación internacional de agencias de viajes que operan en la Antártida
ICAIR	International Center for Antarctic Information and Research
ISMASS	Balance de masas del manto de hielo de la Antártida y contribución del nivel del mar
LOICZ	Interacciones tierra-océano en las zonas costeras
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PAGES	Cambios Mundiales Pasados
PICE	Registros paleoambientales de núcleos de hielo de la Antártida
PMIC	Programa Mundial de Investigaciones Climáticas
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SMOO	Sistema Mundial de Observación de los Océanos
SMT	Sistema Mundial de Telecomunicación
SO-GLOBEC	Programa de Dinámica entre el Océano Glacial Antártico y los Ecosistemas Oceánicos Mundiales
SO-JGOFS	Estudio mundial conjunto del flujo oceánico en el Océano Glacial Antártico
UICN	Unión Mundial para la Naturaleza
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
VAG	Vigilancia Atmosférica Global

SIGLAS (continuación)

VMM	Vigilancia Meteorológica Mundial
WOCE	Experimento de Circulación Mundial de los Océanos

I. INTRODUCCIÓN

1. El presente informe ha sido preparado en respuesta a la resolución 49/80 de la Asamblea General, de 15 de diciembre de 1994, sobre la cuestión de la Antártida y, en particular, al párrafo 2 de esa resolución, en el que la Asamblea pidió que se le presentara, en su quincuagésimo primer período de sesiones, un informe sobre los datos proporcionados por las Partes Consultivas en el Tratado Antártico en relación con sus actividades en la Antártida[1].

2. En este documento también se actualiza la información contenida en informes anteriores sobre el estado del medio ambiente en la Antártida presentados a la Asamblea General de conformidad con sus resoluciones 38/77, de 15 de diciembre de 1983, 39/152, de 17 de diciembre de 1984, 40/156 A y B, de 16 de diciembre de 1985, 41/88 A y B, de 4 de diciembre de 1986, 42/46 A y B, de 30 de noviembre de 1987, 43/83 A y B, de 7 de diciembre de 1988, 44/124 A y B, de 15 de diciembre de 1989, 45/78 A y B, de 12 de diciembre de 1990, 46/41 A, de 6 de diciembre de 1991, 47/57, de 9 de diciembre de 1992, y 48/80, de 16 de diciembre de 1993.

3. La información se ha extraído del informe final de la 19ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico, celebrada en Seúl del 8 al 19 de mayo de 1995, y de la información presentada en la 20ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico, celebrada en Utrecht (Países Bajos) del 29 de abril al 10 de mayo de 1996. También se han recibido informes sobre actividades en la Antártida de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Departamento de Información Pública, la División de Asuntos Oceánicos y del Derecho del Mar, y el Banco Mundial.

II. EL PAPEL DE LA ANTÁRTIDA EN EL SISTEMA ECOLÓGICO MUNDIAL

4. La Antártida es el continente más frío, más alto, más seco, más ventoso, más lejano y más limpio del planeta. Está rodeado por uno de los océanos más extensos y tempestuosos del mundo (figura I). La Antártida ofrece notables oportunidades en el ámbito científico y es la última gran región silvestre del planeta. La protección de estos valores científicos y ecológicos es de la máxima prioridad. La región abarca aproximadamente la décima parte de la superficie de tierra firme del planeta. El manto de hielo se eleva por encima de los 4.000 metros. El continente tiene una superficie de aproximadamente 14 millones de km^2, de los cuales el 0,33% no está cubierto de hielo[2]. Los hielos marinos del invierno duplican la superficie cubierta de hielo de la Antártida, y esta fluctuación es el proceso físico estacional de mayor envergadura de la Tierra.

Figura I. La Antártida y el Océano Antártico: mapa de ubicación.

5. La Antártida y el Océano Antártico desempeñan un papel crítico en el sistema ecológico mundial[3, 4, 5]. Allí se producen importantes procesos de interacción entre la atmósfera, los océanos, el hielo y la biota que repercuten en todo el sistema mundial mediante efectos indirectos, ciclos biogeoquímicos, modalidades de circulación, transporte de energía y contaminantes y cambios en el balance de masas del manto de hielo[6].

6. La importancia de la Antártida en el sistema ecológico mundial quedó reconocida en el capítulo 17 del Programa 21, cuya redacción fue aprobada por consenso. En ese capítulo se convino en que la región era de un inmenso valor para la realización de investigaciones científicas indispensables para la comprensión del medio ambiente mundial, y se acordó que los Estados que

realizaran esas investigaciones debían, como se prevé en el artículo III del Tratado Antártico: a) seguir velando por que los datos y la información resultantes de dichas investigaciones estuviesen a la libre disposición de la comunidad internacional; y b) seguir mejorando el acceso de la comunidad científica internacional y de los organismos especializados de las Naciones Unidas a esos datos e información, así como fomentando la organización de seminarios y simposios periódicos.

7. En el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente (Protocolo de Madrid), aprobado en 1991 por algunos de los Estados Partes en el Tratado Antártico, se designó a la Antártida como una "reserva natural, dedicada a la paz y a la ciencia", con el objetivo de asegurar la protección integral del medio ambiente antártico y los ecosistemas dependientes y asociados[7]. En el artículo 3 del Protocolo se estableció expresamente lo siguiente: "La protección del medio ambiente antártico y los ecosistemas dependientes y asociados, así como del valor intrínseco de la Antártida, incluyendo sus valores de vida silvestre y estéticos y su valor como área para la realización de investigaciones científicas, en especial las esenciales para la comprensión del medio ambiente global, deberán ser consideraciones fundamentales para la planificación y realización de todas las actividades que se desarrollen en el área del Tratado Antártico".

III. ACTIVIDADES DEL SISTEMA DEL TRATADO ANTÁRTICO Y DE LOS ORGANISMOS INTERNACIONALES

A. Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente

8. El Protocolo de Madrid fue aprobado en 1991 por 26 Estados Partes en el Tratado Antártico. Al 1º de agosto de 1996, 22 de los Estados que participaron en su negociación habían depositado los instrumentos de ratificación; para que el acuerdo adquiera plena vigencia jurídica internacional, debe ser ratificado por Finlandia, el Japón, la Federación de Rusia y los Estados Unidos de América.

9. El Protocolo de Madrid contiene normas generales como los objetivos, los principios y los mecanismos institucionales del instrumento; un capítulo sobre arbitraje y solución de controversias; el anexo I, sobre evaluación del impacto sobre el medio ambiente; el anexo II, sobre conservación de la fauna y flora antárticas; el anexo III, sobre eliminación y tratamiento de residuos; el anexo IV, sobre prevención de la contaminación marina, y el anexo V, sobre protección y gestión de zonas.

10. De acuerdo con los principios rectores establecidos en el artículo 3, la protección del medio ambiente, así como la protección de los valores biológicos, intrínsecos, de vida silvestre, estéticos y científicos, deben ser consideraciones fundamentales para la planificación de todas las actividades que se desarrollen en la Antártida (por los Estados Partes en el acuerdo).

11. En el artículo 7 del Protocolo de Madrid se prohíbe cualquier actividad relacionada con los recursos minerales, salvo la investigación científica. En el artículo 8 se establece que todas las actividades que se realicen en la Antártida estarán sujetas a una evaluación previa de su posible impacto. En el artículo 11 se establece un Comité para la Protección del Medio Ambiente, con la función de asesorar sobre asuntos ambientales en la Antártida.

12. Los Estados Partes en el Tratado Antártico han comenzado a deliberar para llegar a un acuerdo en torno a un nuevo anexo al Protocolo de Madrid, sobre responsabilidad por daños ambientales. Hace varios años que se vienen preparando proyectos del anexo propuesto, y se están resolviendo algunas cuestiones técnicas en el marco del Tratado Antártico.

13. Hasta tanto no entre en vigor el Protocolo de Madrid, los Estados Partes en el Tratado Antártico han convenido en aplicar voluntariamente, en la medida de lo posible, las disposiciones del acuerdo, tal como fue aprobado en 1991. Muchos países han promulgado leyes nacionales que hacen obligatorias las disposiciones del Protocolo de Madrid para sus nacionales, antes de que el acuerdo adquiera vigencia jurídica internacional.

B. Convenio para la conservación de las focas antárticas

14. El Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, como Gobierno depositario del Convenio para la conservación de las focas antárticas, informó acerca del número de focas capturadas o sacrificadas en la zona del Convenio (los mares ubicados al sur de los 60º de latitud Sur) por Estados Partes en el Convenio, con respecto a las seis especies de foca antártica durante el período comprendido entre mayo de 1995 y abril de 1996[8]. De acuerdo con los datos suministrados, no hubo matanza de focas de ninguna de las especies, y 101 focas peleteras antárticas (*Arctocephalus gazella*) fueron capturadas y liberadas (por Chile). Dos Estados (Australia y los Estados Unidos) comunicaron sus datos del año anterior, mientras que otros dos Estados (Polonia y la Federación de Rusia) no suministraron información. Actualmente, hasta donde se sabe, no se realizan actividades de explotación comercial de focas en la Antártida.

C. Convenio para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida

15. La Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida presentó un informe sobre las actividades de pesca realizadas en la zona del Convenio por los Estados Partes en el Convenio durante las temporadas 1994/1995 y 1995/1996[9]. Esos datos y las medidas de ordenación adoptadas, así como la información adicional suministrada por fuentes de la Comisión, se resumen en la sección C del capítulo IV de este informe.

16. Las normas del Sistema de Inspección de la Comisión se modificaron para permitir que los inspectores puedan subir a bordo de todos los buques que presumiblemente hayan estado pescando en la zona del Convenio, y no solamente a los que se haya visto pescando. Se espera que esta medida aumente la eficacia de las inspecciones y de la fiscalización.

17. La Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida informó de que su Grupo de trabajo sobre vigilancia y ordenación del ecosistema había ideado la primera estrategia para la elaboración de un modelo de evaluación del ecosistema para la Antártida.

18. El Comité Científico de la Comisión mantiene una estrecha relación de coordinación con los programas del Comité Científico de Investigaciones Antárticas (CCIA), en particular con el programa Antarctic Pack Ice Seals (APIS), el programa de la ecología de la zona de hielo marino antártico (EASIZ) y el programa del cambio climático mundial y la Antártida (GLOCHANT), así como los proyectos del Programa internacional de la geosfera y la biosfera como el Programa de Dinámica entre el Océano Glacial Antártico y los Ecosistemas Oceánicos Mundiales (SO-GLOBEC).

19. La Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida continúa analizando las iniciativas de las Naciones Unidas y de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) relacionadas con la pesca en alta mar, en particular el uso de pabellón por los buques en alta mar, el Código Internacional de Conducta para la Pesca Responsable y el Acuerdo sobre la aplicación de las disposiciones de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 10 de diciembre de 1982 relativas a la conservación y ordenación de las poblaciones de peces transzonales y las poblaciones de peces altamente migratorias.

D. Convención internacional de la pesca de la ballena

20. Recientemente se celebró un acuerdo en el marco de la Convención internacional de la pesca de la ballena de 1946 que resulta particularmente aplicable a la Antártida. En 1994, la Comisión Ballenera Internacional creó un santuario de ballenas en el Océano Antártico, cuyo límite septentrional es una línea circunpolar ubicada entre los 40º y los 60º de latitud Sur. El Japón votó en contra del santuario y presentó una objeción al mismo con respecto a las poblaciones de rorcuales de aleta blanca (*Balaenoptera acutorostrata*) de la Antártida.

21. El artículo VIII de la Convención autoriza a los gobiernos contratantes a otorgar permisos especiales a sus nacionales para matar, capturar y tratar ballenas con fines de investigación científica. Al amparo de esa disposición, el Japón dio muerte a 440 rorcuales de aleta blanca de la Antártida en la temporada 1995/1996 y proyecta matar la misma cantidad en la temporada 1996/1997 con fines de investigación. En la 48ª reunión anual de la Comisión Ballenera Internacional, celebrada en junio de 1996, se aprobó por mayoría una resolución en la que se solicitaba al Japón que se abstuviera de expedir permisos especiales para la captura de rorcuales de aleta blanca del hemisferio austral, particularmente dentro del santuario, y que reestructurara su programa de investigación para lograr sus objetivos por medios no letales.

22. Debido a la considerable incertidumbre que existe en cuanto al número de ballenas de distintas especies y de diversas poblaciones geográficas, en 1989 la Comisión Ballenera Internacional decidió que era mejor no dar cifras sobre las poblaciones de ballenas, salvo en el caso de especies o poblaciones respecto de las cuales existiera una certidumbre estadística. La Comisión ha hecho estimaciones de las poblaciones de ballenas del hemisferio austral solamente con respecto a los rorcuales de aleta blanca y las ballenas azules, sobre la base de la información recogida en sus expediciones marítimas de investigación internacionales (cuadro 1).

Cuadro 1

Estimación de la magnitud de las poblaciones de especies cetáceas de gran tamaño en el hemisferio austral
(redondeadas a la tercera cifra significativa del límite de confianza superior)

Especie	Estimación del tamaño de la población en el hemisferio austral		
	Años	Número	Intervalo de confianza de 95%
Ballena azul	1982/1983-1988/1989	460	450
Rorcual de aleta blanca	1985/1986-1990/1991	760 000	510 000 - 1 140 000

Fuente: Datos proporcionados por la Comisión Ballenera Internacional, Cambridge (Reino Unido), 14 de agosto de 1996.

23. En 1996, la Comisión Ballenera Internacional amplió el alcance de su programa de vigilancia mediante la introducción del programa de investigación de las ballenas y el ecosistema del Océano Antártico, que se ocupará de investigar, entre otras, los efectos de los cambios ambientales en los cetáceos. Otros programas de investigación en el Océano Antártico son el de vigilancia acústica de las ballenas azules, la preparación de una evaluación amplia de las ballenas gibosas (*Megaptera novaeangliae*) y una revisión de las estimaciones de las poblaciones de ballenas francas australes (*Balaena glacialis*). La Comisión también se propone mejorar la colaboración con organizaciones que trabajan en esferas conexas en el Océano Antártico, como la Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida, el CCIA, el SO-GLOBEC, la COI y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos.

E. La investigación científica en la Antártida y la protección del medio ambiente antártico

1. El programa sobre los cambios mundiales del CCIA[10]

24. En 1995/1996 se estableció una Oficina del programa sobre los cambios mundiales del CCIA en el Centro de investigaciones cooperativas para el medio ambiente de la Antártida y el Océano Antártico de Hobart (Australia). Esta oficina establecerá vínculos entre los programas del CCIA que tengan componentes

relacionados con los cambios mundiales y los proyectos centrales de programas internacionales como el Programa internacional de la geosfera y la biosfera y el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC). El objetivo es asegurar que la Antártida esté representada en los programas a escala mundial y que sea compatible con ellos. Se está preparando un memorando de entendimiento entre el CCIA y el Sistema de Análisis, Investigación y Enseñanza del Programa internacional de la geosfera y la biosfera, el PMIC y el Programa de las dimensiones humanas internacionales del cambio mundial.

25. El programa sobre los cambios mundiales del CCIA es coordinado por el Grupo de especialistas en el cambio climático mundial y la Antártida (GLOCHANT), con la asistencia de la Oficina del Programa. El Grupo ha señalado dos cuestiones prioritarias que deben ser objeto de investigación: el papel de los procesos del hielo marino en el sistema climático físico y en los ciclos biogeoquímicos, y los procesos físicos y dinámicos que rigen el manto de hielo de la Antártida.

26. El Grupo ha centrado su programa actual en dos temas principales, cuyo estudio ha sido asignado a grupos de tareas científicos: "Registros paleoambientales de núcleos de hielo de la Antártida (PICE)" y "Balance de masas del manto de hielo de la Antártida y contribución del nivel del mar (ISMASS)". El programa PICE es patrocinado conjuntamente por el Programa de Cambios Mundiales Pasados (PAGES) del Programa internacional de la geosfera y la biosfera. El programa ISMASS está ampliando las investigaciones que han emprendido algunos programas nacionales que miden los componentes del balance de masas del manto de hielo. El método principal es la teleobservación, pero también se están reuniendo datos verificados sobre el terreno. Uno de los objetivos fundamentales es determinar el flujo de masa de hielo hacia el exterior, desde el manto de hielo a través de la línea de tierra y hacia el océano. El programa PICE está elaborando una estrategia bipolar para la extracción de muestras de hielo a gran profundidad. Se está proyectando un tercer programa, sobre la evolución del margen de hielo de la Antártida (ANTIME), para coordinar las investigaciones sobre los archivos sedimentarios de la Antártida.

27. El Grupo GLOCHANT está elaborando un plan científico para la instauración de un programa sobre los procesos del hielo marino, los ecosistemas y el clima de la Antártida (ASPECT), que está a punto de concluirse. El programa ASPECT se centrará en las interrelaciones entre los procesos físicos que rigen la interacción entre la atmósfera y el océano, mediante la formación y la conservación del manto de hielo marino, y la biota y la producción primaria de hielo marino en el Océano Antártico, así como en el papel que desempeñan dichos procesos en los ciclos biogeoquímicos mundiales. El programa ASPECT tiene posibles conexiones con el estudio mundial conjunto del flujo oceánico en el Océano Glacial Antártico (SO-JGOFS) del Programa internacional de la geosfera y

la biosfera, el programa SO-GLOBEC y los proyectos principales sobre la variabilidad y previsibilidad del clima (CLIVAR) del PMIC.

28. El CCIA tiene otros programas relacionados con los cambios mundiales que están a cargo de otros grupos de especialistas o grupos de trabajo del Comité. Los más importantes son el programa EASIZ y el Programa internacional de investigaciones biológicas de sistemas terrestres antárticos (BIOTAS). El programa EASIZ está potencialmente vinculado a tres de los proyectos principales del Programa internacional de la geosfera y la biosfera: Interacciones tierra-océano en las zonas costeras (LOICZ), el estudio SO-JGOFS y el programa SO-GLOBEC. El programa BIOTAS tiene un vínculo directo potencial con el Tema central 4, sobre complejidad ecológica, del proyecto sobre Cambios Mundiales y los Ecosistemas Terrestres (GCTE) del Programa internacional de la geosfera y la biosfera.

2. La ciencia en la Antártida

a) Ciencias atmosféricas y de la relación Sol-Tierra

29. La vigilancia de los niveles de ozono en la Antártida se sigue llevando a cabo desde estaciones terrestres y desde satélites (véase cap. IV, secc. E).

30. El programa del Primer estudio regional de observación de la troposfera (FROST) está generando por primera vez observaciones sinópticas coordinadas de la troposfera antártica, que se están utilizando para comparar los métodos de pronóstico del tiempo sobre el continente antártico. Los datos indican una confiabilidad general de los pronósticos pero también han mostrado diferencias entre los pronósticos de distintas fuentes. El programa ha puesto de manifiesto las carencias de las estaciones de observación en el sector del Pacífico de la Antártida.

31. La red de observatorios geoespaciales de la Antártida (AGONET) proporciona datos geomagnéticos y ionosféricos de observatorios de más de siete países, que se vuelcan a una base de datos con sede en Italia. Se está haciendo un estudio en particular del viento solar.

b) Ciencias biológicas

32. El Grupo de especialistas en focas del CCIA ha elaborado un programa quinquenal de investigación en el marco de su programa APIS. El objetivo del programa APIS es promover los estudios de las poblaciones de focas de los bancos de hielo flotante de la Antártida y el papel que éstas desempeñan en el

ecosistema de la Antártida. Hasta el momento se han identificado 41 proyectos de investigación en el marco del programa APIS, en los que participan científicos de 18 países. Se ha formulado una propuesta de realizar un estudio circumpolar amplio de las focas de los bancos de hielo flotante de la Antártida en la temporada de actividades sobre el terreno 1998/1999.

33. El Programa BIOTAS realizó su primera expedición internacional en el sector del Mar de Ross durante la temporada 1995/1996. Los objetivos principales de la expedición fueron examinar los cambios en la abundancia del ecosistema, desde las ricas regiones costeras del continente hasta las comunidades endolíticas sencillas ubicadas en el extremo de la meseta polar, y reunir datos de base para realizar investigaciones a largo plazo de los efectos de los cambios climáticos, teniendo especialmente en cuenta el calentamiento de la atmósfera y el aumento de la radiación ultravioleta. Las investigaciones futuras esclarecerán los mecanismos que utilizan las diversas especies para afrontar tensiones climáticas como la desecación, los cambios de temperatura y la radiación ultravioleta.

34. El programa EASIZ del Grupo de especialistas en ecología del Océano Antártico apunta a mejorar la comprensión de la estructura y la dinámica del ecosistema costero y de la plataforma continental de la Antártida (ACSE), que es el ecosistema más complejo y productivo de la Antártida y probablemente el más sensible a los cambios ecológicos mundiales. La característica más saliente del EASIZ es su enfoque coherente de la ecología del ecosistema costero y de la plataforma continental, que incluye estudios sobre los subsistemas béntico, de la columna de agua y del hielo. Probablemente aportará una contribución fundamental al programa GLOCHANT, se interrelacionará fácilmente con el estudio SO-JGOFS y el programa SO-GLOBEC y se vinculará estrechamente con el programa LOICZ del Programa internacional de la geosfera y la biosfera.

35. Los primeros datos obtenidos sobre el terreno en el marco de este programa se reunieron durante la temporada de verano 1995/1996 del hemisferio austral. En particular, el buque MV Polarstern realizó una expedición dedicada al programa EASIZ en el Mar de Weddell en enero y febrero de 1996. También se ha previsto realizar una expedición marítima dedicada al programa durante la temporada 1996/1997, y se ha propuesto un calendario de seminarios y simposios.

c) Ciencias de la Tierra

36. El Proyecto de Cape Roberts es un proyecto multinacional coordinado por Nueva Zelandia, en el que participan Australia, Alemania, Italia, el Reino Unido y los Estados Unidos y cuyo objetivo es extraer mediante perforación, de una profundidad de 1500 metros, muestras de los estratos sedimentarios que se encuentran debajo del fondo del mar en el extremo sudoccidental del Mar de Ross.

El proyecto se ocupará de dos temas principales: la historia glacial antigua de la Antártida y el papel que desempeña en cuanto a determinar los cambios mundiales en el nivel del mar; y el momento en que se produjo la grieta en el continente Antártico para ayudar a comprender la formación de las Montañas Transantárticas y el Mar de Ross.

37. En mayo de 1995 se celebró en Cambridge (Reino Unido) un seminario destinado a examinar las pruebas de la existencia de un lago subglacial debajo del manto de hielo continental en el lugar de perforación a gran profundidad del núcleo de hielo, en la estación Vostok. Durante el seminario se consideró la cuestión relativa a las investigaciones que sería preciso realizar antes de adoptar la decisión de penetrar en el lago para tomar muestras de agua y de los sedimentos subyacentes. Se convino en que debía continuarse con las perforaciones del núcleo de hielo que se realizan actualmente en la estación Vostok, pero deteniéndolas a una profundidad de por lo menos 25 metros por encima del nivel de interfaz hielo-agua, evitando penetrar en el agua, y que debían realizarse nuevos estudios geofísicos. Si llegara a confirmarse la existencia de una gran masa de agua, deberán hacerse estudios para encontrar técnicas que permitan acceder al agua y a los sedimentos ubicados debajo y tomar muestras de ellos, con un grado mínimo de contaminación de dicho medio.

F. Gestión de datos sobre la Antártida

38. En los últimos años, a medida que las bases de datos sobre la Antártida han ido creciendo en número, tamaño e importancia, se ha considerado la posibilidad, dentro del sistema del Tratado Antártico, de mejorar la comparabilidad y la accesibilidad de los datos científicos sobre la Antártida. Se llegó a la conclusión de que la necesidad inmediata más importante era crear un sistema de directorios de datos sobre la Antártida, componente clave de lo que será el Directorio Central sobre la Antártida. Este Directorio contendrá archivos consolidados de la información aportada por los centros nacionales de datos sobre la Antártida, en los que se describirán los datos registrados. El Directorio Central es llevado por el International Center for Antarctic Information and Research (ICAIR) con sede en Christchurch (Nueva Zelandia), con el auspicios del CCIA y el Consejo de directores de programas nacionales del Antártico, y es financiado actualmente por un consorcio de programas antárticos de Francia, Italia, Nueva Zelandia y los Estados Unidos. Como organismo sede de la Base Mundial de Información sobre Recursos (GRID) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en Christchurch (véase el párr. 53 infra), el ICAIR está en condiciones de coordinar esos directorios y ponerlos a disposición del sistema de las Naciones Unidas, de conformidad con los objetivos del Programa 21 (caps. 17 y 40).

G. Organizaciones internacionales

1. Organización Meteorológica Mundial

39. Los principales objetivos de la OMM en la Antártida son: a) coordinar las actividades del programa de Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) a fin de satisfacer las necesidades mundiales y las de la Antártida, incluida la vigilancia de los cambios climáticos y el medio ambiente; y b) colaborar con otros programas internacionales en la Antártida para asegurar la aplicación de un programa científico y técnico coordinado y eficaz en función de los costos. En tal sentido, la OMM coopera con una amplia gama de organizaciones conexas, como la Reunión Consultiva del Tratado Antártico, el CCIA, el Consejo de directores de programas nacionales del Antártico, el Comité Científico de Investigaciones Oceánicas (CCIO), el PNUMA y la COI.

40. La Antártida es un componente importante del Sistema Mundial de Observación (GOS) y es un tema que suscita cada vez más interés. El funcionamiento del GOS y la trasmisión de datos mediante el Sistema Mundial de Telecomunicación (SMT) son parte esencial del programa VMM. La red de observación sinóptica comprende actualmente 37 estaciones con base en tierra administradas por 15 países. Existen además más de 50 estaciones meteorológicas automáticas manejadas por Australia, los Estados Unidos y otros países. La OMM indicó que las dificultades económicas parecían estar menoscabando la voluntad de los países de mantener instalaciones costosas en la Antártida, lo que podría poner en peligro la continuidad de algunas estaciones que tienen valiosos registros climáticos de larga data. La prestación de servicios meteorológicos de alta calidad en la Antártida depende de la existencia de una buena red de observación y del mejoramiento de los modelos de predicción numéricos, tarea para la cual se ha diseñado el programa FROST del CCIA, ya mencionado.

41. La OMM ha advertido deficiencias en la red sinóptica existente sobre la Antártida, entre ellas la falta de observaciones de la superficie en la mayor parte de la región occidental de la Antártida, el número cada vez menor de estaciones aerológicas y los retrasos en la incorporación de los datos al SMT. La OMM considera prioritario mantener el funcionamiento de la red sinóptica en la Antártida sobre la base de los programas iniciados por las Partes en el Tratado Antártico. Se deberían seguir proporcionando los datos y las imágenes obtenidas desde el espacio para ser utilizados con fines de análisis, pronóstico, información sobre el hielo marino y para los servicios de alerta sobre tormentas.

42. Algunos países proyectan establecer nuevas estaciones de observación meteorológica sobre el manto de hielo antártico, lo que probablemente mejorará en gran medida la red de observación. La red AGONET, mencionada anteriormente,

dispondrá de sensores meteorológicos en sus 12 ubicaciones proyectadas, que estarán distribuidas en todo el interior de la Antártida y que podrán suministrar datos por intermedio del SMT.

43. Algunos países (Australia, Finlandia, Alemania, el Japón, el Reino Unido y los Estados Unidos) están utilizando en forma creciente boyas a la deriva para reunir datos en el marco de un programa internacional de boyas antárticas, que ha emplazado una serie de boyas al sur de los 55º de latitud sur, inclusive en la zona de hielos marinos de la Antártida.

44. Como parte del programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG), algunas estaciones antárticas vigilan la existencia de constituyentes de oligogases como el dióxido de carbono y el ozono. La OMM alienta a sus miembros a incluir en sus observaciones las especies químicas relacionadas con el ozono. Es necesario realizar observaciones adicionales para vigilar la intensidad de la radiación solar ultravioleta. La OMM mantiene vínculos con las secretarías del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono y el Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono.

45. La OMM ha preparado un catálogo de datos sobre el clima de la Antártida que se pondrá a disposición del sistema de directorios de datos sobre la Antártida que están preparando el CCIA y el Consejo de directores de programas nacionales del Antártico. Esto aumentará las posibilidades de acceder a los datos meteorológicos sobre la Antártida.

2. Comisión Oceanográfica Intergubernamental

46. La COI es un órgano funcionalmente autónomo de la UNESCO que promueve las investigaciones científicas marinas y los servicios oceánicos conexos con miras a ampliar los conocimientos sobre las características y los recursos de los océanos y las zonas costeras, incluida la región antártica. La COI tiene una Comisión Regional para el Océano Antártico, cuyo sexto período de sesiones se celebraría en septiembre de 1996, conjuntamente con su segundo Foro del Océano Antártico, y que se ocupa de una serie de cuestiones como la contaminación y sus efectos en los seres humanos. La COI está reforzando algunos programas de investigación internacionales en cooperación con otras organizaciones (el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC), el CCIO, el CCIA, la Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida, la Comisión Ballenera Internacional, la OMM, el PNUMA) para mejorar las observaciones del océano y el intercambio de datos en el Océano Antártico. La

COI se propone cumplir con las exigencias establecidas en el Programa 21 (Capítulo 17), el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Protocolo de Madrid.

47. Entre los temas dignos de mayor atención cabe mencionar el papel de los océanos en los cambios climáticos mundiales y la variabilidad, que se estudia en el marco del Experimento de Circulación Mundial de los Océanos (WOCE), patrocinado por la OMM, la COI, el CIUC y el PNUMA; la contaminación marina, objeto de estudio del Programa conjunto COI/PNUMA/OMI/OIEA de Investigación Mundial de la Contaminación en el Medio Marino (GIPME); el papel de los oceános en el equilibrio del dióxido de carbono a nivel mundial y estudios de la dinámica del ecosistema oceánico, mediante cooperación con el CCIO en los programas SO-JGOFS y SO-GLOBEC del Programa internacional de la geosfera y la biosfera.

48. La COI está extendiendo y mejorando las observaciones de los océanos y el intercambio de datos mediante un apoyo más intenso a los programas que se llevan a cabo actualmente y al perfeccionamiento del Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SMOO). El objetivo del Sistema es proporcionar un marco o sistema mundial para la reunión, la coordinación, el control de calidad y la distribución de datos oceanográficos.

3. Naciones Unidas

49. El Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas ha centrado su atención en la aplicación de los resultados del Programa 21, la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, los Convenios relativos al cambio climático y la diversidad biológica, la Convención de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, el Acuerdo sobre la aplicación de las disposiciones de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 10 de diciembre de 1982 relativas a la conservación y ordenación de las poblaciones de peces transzonales y las poblaciones de peces altamente migratorias, y en la labor de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible. Desde 1994 no ha habido actividades concretas relacionadas directamente con el estado del medio ambiente en la Antártida.

50. La División de Asuntos Oceánicos y del Derecho del Mar, que pertenece a la Oficina de Asuntos Jurídicos, es uno de los ocho organismos de apoyo del Grupo Mixto de Expertos sobre los aspectos científicos de la protección del medio marino (GESAMP), que está preparando, bajo la conducción del PNUMA, el próximo informe mundial sobre el estado del medio marino, que incluirá las regiones polares. El Grupo de trabajo del GESAMP sobre evaluación del medio marino ha comenzado a preparar un informe sobre las actividades con base en tierra, que

estará listo en 1998. Como aún no se dispone de los resultados de la labor del GESAMP, en el capítulo IV de este informe se utilizaron datos extraídos de Strömberg y otros[11].

4. El Banco Mundial

51. El Banco Mundial publicó en 1995 un informe sobre el estado de las zonas marinas protegidas en todo el mundo, incluida la Antártida[12]. El Banco se propone aplicar las recomendaciones contenidas en ese informe, pero las zonas protegidas de la Antártida no se consideran actualmente de alta prioridad. El 27 de junio de 1996 el Banco Mundial indicó que no tenía planes inmediatos en relación con las actividades ambientales dirigidas a la Antártida.

5. Base Mundial de Información sobre Recursos del PNUMA

52. El PNUMA ha establecido un Grupo de tareas para las regiones polares a fin de coordinar sus intereses ecológicos en esas regiones.

53. El 30 de mayo de 1996, mediante un acuerdo con el Gobierno de Nueva Zelandia, el PNUMA estableció un nodo de la Base Mundial de Información sobre Recursos (GRID) para la Antártida y el Océano Antártico en el ICAIR, en Christchurch (Nueva Zelandia). El nodo, que se conocerá con el nombre de PNUMA/GRID-Christchurch, se estableció con la asistencia del PNUMA/GRID-Arendal (Noruega), y estos dos centros polares coordinarán sus actividades y trabajarán en una relación de estrecha cooperación.

6. Unión Mundial para la Naturaleza

54. La UICN ha mantenido su interés activo en la Antártida, auspiciando y organizando cuatro seminarios internacionales recientes sobre asuntos relacionados con la conservación del medio ambiente antártico, tres de los cuales se organizaron conjuntamente con el CCIA. En el primero, que se celebró en Paimpont (Francia) en abril de 1992, se consideraron cuestiones relacionadas con la conservación de las Islas Subantárticas, mientras que en el segundo, celebrado en Cambridge (Reino Unido) en junio de 1992, se examinó la creación del sistema de zonas protegidas de la Antártida. En el tercero, que tuvo lugar en Gorizia (Italia) en abril de 1993, se consideraron temas relativos a la educación y la capacitación sobre cuestiones ambientales en la Antártida. En el cuarto seminario, celebrado en Washington D.C. en septiembre de 1996, se

abordaron problemas vinculados a la evaluación de los efectos ambientales acumulativos en la Antártida. Se han publicado informes de los tres primeros seminarios[13, 14, 15].

7. Coalición de la Antártida y el Océano Antártico

55. La ASOC es una asociación que nuclea a 230 organizaciones no gubernamentales especializadas en temas ecológicos, técnicos y científicos relacionados con la Antártida, ubicadas en 43 países. La ASOC participa regularmente en el Sistema del Tratado Antártico y vigila los componentes de dicho Sistema. En los últimos años, la ASOC se ha dedicado particularmente a alentar a los Estados Partes en el Tratado Antártico a que ratifiquen y apliquen lo antes posible el Protocolo de Madrid. La ASOC proporciona información a gobiernos, científicos y el público en general sobre asuntos de importancia ecológica en la Antártida y publica un boletín periódico.

H. La vigilancia del medio ambiente en la Antártida

56. La vigilancia del medio ambiente es un elemento fundamental de la investigación básica y de la ordenación y la conservación del medio ambiente[16]. La vigilancia del medio ambiente en la Antártida tiene una larga historia y puede clasificarse como "mundial" o "local". Muchos fenómenos mundiales, como los constituyentes gaseosos de la atmósfera, han sido vigilados en forma continua desde 1957, mientras que la presencia de contaminantes en la nieve y la biota de la Antártida también ha sido analizada. La información sobre el estado y las tendencias de los fenómenos mundiales constituyen una línea de base necesaria para evaluar la contribución de las fuentes locales a los cambios ambientales[17].

57. Los Estados Partes en el Tratado Antártico se reunieron en la Primera Reunión de expertos sobre la vigilancia del medio ambiente en la Antártida en Buenos Aires (Argentina) en junio de 1992. Los expertos formularon recomendaciones, entre otras cosas sobre la representación de los puestos de vigilancia, la gestión de datos, la necesidad de establecer normas sobre los datos y la coordinación internacional. Se recomendó que se celebrara un nuevo seminario para considerar el diseño de los programas de vigilancia, las normas sobre los datos y la forma de asegurar la calidad de éstos, las tecnologías disponibles y la gestión de datos.

58. El CCIA y el Consejo de directores de programas nacionales del Antártico se ofrecieron a convocar el seminario, que se celebró en dos períodos de sesiones, el primero en Oslo en octubre de 1995, y el segundo en College Station (Texas, Estados Unidos) en marzo de 1996. El informe[18] del seminario está aún en forma

de proyecto, pero se espera que esté listo para presentarlo a la Reunión Consultiva del Tratado Antártico que se celebrará en Christchurch (Nueva Zelandia) en mayo de 1997.

IV. EL ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN LA ANTÁRTIDA: SINOPSIS DE ALGUNOS DESCUBRIMIENTOS RECIENTES

59. En las secciones siguientes de este informe se destacan algunos descubrimientos recientes sobre una serie de temas de interés actual relacionados con el estado del medio ambiente en la Antártida. La selección de temas no pretende dar un panorama exhaustivo, sino más bien ilustrativo, de las cuestiones más importantes. Dichas secciones han sido examinadas por distintos especialistas en las disciplinas pertinentes.

A. Actividades científicas y de apoyo

60. La investigación científica es una actividad humana predominante en la Antártida. La cantidad de personal científico y de apoyo que trabaja en la Antártida cada temporada permite tener una idea aproximada de la magnitud de esta actividad. Los Estados Partes en el Tratado Antártico informan acerca del número de personas que participan en un proceso de "intercambio anual de información" que se lleva a cabo en cumplimiento de lo acordado en las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico[19].

61. Si bien estos datos proporcionan una idea básica del nivel de actividades científicas que se realizan actualmente en la Antártida, es importante señalar que en general no permiten cuantificar la presencia científica total, medida en número de días-persona en la región.

62. Desde que comenzaron las actividades en forma regular, el número de personas que participan en programas científicos en la Antártida aumentó de manera constante hasta 1989/1990[20] (figura II). Paralelamente al aumento en el número de personas que participan en actividades en la Antártida, se registró un incremento en el número de países representados y en la cantidad de estaciones en funcionamiento. Los Estados Unidos tienen el programa científico de mayor envergadura en la Antártida, que ocupó aproximadamente el 35% del personal científico y de apoyo en la temporada 1994/1995.

Figura II. Nivel de las actividades científicas y de apoyo, de 1941/1942 a 1989/1990.

Invierno
Verano

Número de personas

Temporada

Fuente: Datos de J.C.M. Beltramino, The Structure and Dynamics of Antarctic Population (Nueva York, Vantage Press, 1993).

63. De acuerdo con una evaluación preliminar de la cantidad de personal científico y de apoyo desde 1990, se presume que ha habido una reducción de personal del orden de un tercio aproximadamente. Sin embargo, la compilación de datos para esta sección no resultó fácil debido a las diferencias en la calidad y la oportunidad de los informes sobre las actividades y de la distribución de dicha información por los Estados que trabajan en la Antártida. Se necesitarían análisis más profundos, vinculados quizás a la investigación de los niveles de inversión nacionales, para poder extraer conclusiones de esa clara tendencia.

B. Turismo antártico

64. La Antártida ha sido destino de turistas durante los últimos 40 años, y se estima que más de 60.000 turistas han visitado la región en ese período[21]. En los últimos 10 años, el turismo comercial antártico ha registrado un crecimiento acelerado, tanto en cuanto al número de pasajeros a bordo de buques como, más recientemente, a bordo de aviones que sobrevuelan el continente (figura III).

Figura III. Niveles de actividad turística en la Antártida, de 1980/1981 a 1995/1996.

Vía aérea con aterrizaje
Vía aérea - sobrevuelo
Vía marítima
Total
Número de buques utilizados

Número de turistas | **Número de buques**

Temporada

Fuentes: 1) Adaptado de D.J. Enzenbacher, "Tourists in Antarctica: numbers and trends", Polar Record, vol. 28, No. 164 (1993).

2) Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, "Recent developments in Antarctic tourism", Documento de información 13, 19ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico, Seúl, 8 al 19 de mayo de 1995.

3) Asociación internacional de agencias de viajes que operan en la Antártida, "Preliminary overview of Antarctic tourism", Documento de información 96, 20ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico, Utrecht (Países Bajos), 29 de abril al 10 de mayo de 1996.

65. Los turistas que llegan por "vía marítima" son los que visitan la Antártida en buques mercantes, y las cifras incluyen los veleros cuando se dispone de información al respecto. Los turistas que utilizan la modalidad "vía aérea con aterrizaje" son los que viajan a la Antártida por avión y aterrizan allí, mientras que los turistas de "sobrevuelo" son los que visitan la Antártida como destino específico por vía aérea pero no aterrizan. Los vuelos de las aerolíneas comerciales por rutas que cruzan el espacio aéreo de la Antártida no se incluyen en este análisis porque no constituyen viajes a la Antártida como destino turístico específico. El número de buques que se indica en la figura III no incluye los veleros.

66. Se está tomando mayor conciencia de la importancia de los problemas ambientales derivados del turismo antártico[22]. Sin embargo, las investigaciones sobre los efectos del turismo antártico son aún incipientes y todavía existe incertidumbre en cuanto a la magnitud de los efectos derivados de las visitas de turistas a la Antártida[23]. En la recomendación XVIII-1 del Tratado Antártico se dan directrices operacionales y ambientales a las agencias de viajes que operan en la Antártida.

67. En agosto de 1991 se fundó la Asociación internacional de agencias de viajes que operan en la Antártida (IAATO) y actualmente son miembros de ella la mayoría de las empresas que organizan excursiones a la Antártida. Durante la temporada 1993/1994, un poco más del 83% de los pasajeros por vía marítima viajaron a bordo de buques fletados por miembros de la IAATO[24].

Acontecimientos y tendencias recientes

68. El número de turistas que visitaron la Antártida en la temporada 1995/1996 fue el más alto registrado hasta el presente, y los aumentos se produjeron tanto en el turismo por vía marítima como en el turismo de sobrevuelo (figura III). El turismo por vía aérea con aterrizaje atiende a un mercado específico de "turismo de aventuras", y es actualmente muy costoso: las cifras son reducidas y parecen estáticas.

69. Los vuelos turísticos sobre la Antártida se hicieron populares en el decenio de 1970, pero se suspendieron después del accidente de un avión DC-10 que se estrelló en el Monte Erebus (en Ross Island) en 1979 y en el que murieron las 257 personas que viajaban a bordo (pasajeros y tripulantes)[25]. En la temporada 1994/1995 se reiniciaron los vuelos sobre la Antártida, a partir de Melbourne (Australia). Los vuelos continuaron en la temporada 1995/1996 y están proyectados también para la temporada 1996/1997[26]. Todos los datos de "vía aérea - sobrevuelo" que se indican en la figura III corresponden a estos vuelos. En cuanto a sus posibles efectos ambientales y su ordenación, el turismo de sobrevuelo es muy diferente al turismo por "vía marítima" y al turismo por "vía aérea con aterrizaje", debido a su duración relativamente corta y a que no incluye aterrizajes.

70. Se sabe que en la temporada 1995/1996 un total de 10 agencias de viajes realizaron excursiones organizadas por vía marítima, en comparación con 14 agencias en 1994/1995, la cifra más alta registrada hasta el momento en una temporada. Paralelamente al aumento en el número de turistas se produjo un aumento en el número de buques (figura III), con un mínimo de 12 buques

utilizados en cada temporada desde 1991/1992[27]. El número de pasajeros por buque en la temporada 1995/1996 osciló entre 13 y 452, con un promedio de 81,5[28].

71. La mayoría de los viajes por "vía marítima" se concentran a lo largo de la Península Antártica durante los cuatro meses de verano del hemisferio austral; son pocos los que bajan a tierra en las regiones del Mar de Weddell y el Mar de Ross[29, 30, 31]. El número de lugares concretos en los que bajan los turistas aumentó de 36 en 1989/1990 a más de 150 en la temporada 1994/1995[32], con una cifra probablemente similar en 1995/1996[33].

72. Las actividades que se llevan a cabo se han diversificado en comparación con las primeras épocas, y actualmente los turistas también participan en actividades de esquí, alpinismo, campamento, navegación en kayak y otras. Hoy en día varios buques transportan helicópteros que pueden llevar a los turistas a lugares anteriormente inaccesibles[34] y el número de veleros parece estar aumentando; 17 de ellos se aventuraron al sur de los 60º de latitud Sur en 1991/1992[35].

73. Actualmente es difícil compilar estadísticas completas y coherentes sobre el turismo antártico. Si bien la mayor parte de los datos eran suministrados tradicionalmente por los Estados Unidos, que compilaban esos datos en informes anuales presentados a la Reunión Consultiva del Tratado Antártico, hoy en día existen varias agencias de viajes que trabajan desde otros países y que no necesariamente presentan informes a esa Reunión. La Argentina[36] y Australia[37] también reúnen y comunican datos sobre las excursiones turísticas. Los datos sobre veleros son particularmente difíciles de obtener y compilar.

74. En la Reunión Consultiva del Tratado Antártico celebrada en Utrecht (Países Bajos) en mayo de 1996 se acordó utilizar un prototipo de formato uniforme para comunicar datos sobre excursiones turísticas a la Antártida, que se pondría a prueba en la temporada 1996/1997 con miras a aprobarlo con carácter universal en la Reunión de 1997. El formato contiene sectores para registrar los datos sobre los aspectos principales de las actividades turísticas (por ejemplo, las agencias de viajes, las rutas utilizadas, el lugar de aterrizaje o atraque, la duración de las excursiones y de la estadía en tierra y los efectos observados) y, una vez acordado, constituirá la base para la creación de una base internacional de datos completa, coherente y accesible sobre el turismo antártico.

C. Pesca

75. La preocupación por la pesca no reglamentada del krill antártico, unida a la explotación que se hacía en el pasado de las focas peleteras y las ballenas, tuvo como resultado la aprobación del Convenio para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida. El Convenio entró en vigor en 1982, y en 1989 se aplicaron estrictas medidas de conservación para evitar que continuaran disminuyendo las poblaciones de peces[38]. Antes de la entrada en vigor del Convenio, muchas poblaciones de peces antárticos eran objeto de una explotación excesiva. Entre las medidas de conservación que se aplican actualmente en virtud del Convenio cabe mencionar la fijación de la captura total permisible de las especies buscadas, la imposición de límites a la captura incidental de especies no buscadas, medidas para evitar la mortalidad incidental de aves marinas y la exigencia de llevar observadores científicos a bordo de algunos buques pesqueros[39].

a) Desarrollo de la pesca

76. La pesca se centra actualmente en el krill antártico y las especies de peces de escama. La captura de especies de peces de escama de la Antártida comenzó en 1969/1970, y la captura anual declarada de tramas (*Notothenia rossii* y *N. squamifrons*) y dracos (*Champsocephalus gunnari*) superó con frecuencia las 100.000 toneladas, con un máximo de 400.000 toneladas en 1969/1970. De acuerdo con los informes presentados, antes de 1995/1996 se capturaron más de 3 millones de toneladas de peces de escama[40]. Sin embargo, desde 1992 la pesca de peces de escama ha sido muy escasa (cuadro 2).

77. La pesca del krill (especie buscada *Euphausia superba*) comenzó en 1971/1973 y hasta el presente se han capturado más de 5 millones de toneladas[41]. La captura actual de krill es de aproximadamente 90.000 toneladas anuales, y si bien ha disminuido en relación con los años de captura máxima de principios del decenio de 1980, sigue siendo la captura de mayor volumen en aguas antárticas. En julio de 1992, un buque pesquero de los Estados Unidos se abocó a la pesca experimental de centollas (*Lithodidae*) en los peñones de South Georgia y Shag (cuadro 2)[42].

Cuadro 2

Captura total declarada de peces en la región regulada por la Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida entre 1991/1992 y 1995/1996

	Captura total declarada (toneladas)			
Especie	1991/1992	1992/1993	1993/1994	1994/1995
Krill antártico	302 961	88 776	83 962	118 715
Austromerluza	12 497	5 788	5 648	8 889
Draco rayado	65	0	28	3 974
Trama gris	0	0	0	0
Pez linterna	51 915	0	114	0
Centolla antártica	0	299	0	0

Fuente: Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida, Statistical Bulletin 1996 (1986-1995), (Hobart (Australia), Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida, 1996).

b) Tendencias, peligros e iniciativas recientes

78. *Vigilancia del ecosistema.* La Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida tiene un activo Grupo de trabajo sobre vigilancia y ordenación del ecosistema. El grupo de trabajo ha elaborado un marco que permitirá incorporar a los servicios de asesoramiento en materia de ordenación la información obtenida de los programas de vigilancia establecidos[43].

79. *Pesca del krill.* El krill (*Euphausia superba*) es el alimento principal de la mayoría de las aves y mamíferos marinos de la Antártida, y las actividades de investigación sobre el krill son fundamentales para la gestión de la Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida[44]. En los últimos años, las capturas de krill antártico han disminuido (cuadro 2), principalmente debido a factores económicos y como consecuencia de la reducción de las actividades de pesca de estas especies por parte de la Federación de Rusia y Ucrania[45]. La captura actual es inferior al 10% de la captura total permisible, que se fija a su vez en el 10% de la biomasa estimada de krill.

80. *Mortalidad de aves marinas*. La mortalidad incidental de aves marinas durante las operaciones de pesca de palangre ha sido ampliamente denunciada como un serio problema[46, 47, 48]. La Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida ha adoptado, entre otras, las siguientes medidas paliativas: colocación de los palangres durante la noche únicamente; uso de líneas con banderines para espantar a las aves de los anzuelos con carnada, y prohibición de arrojar basura durante las operaciones de pesca de palangre. La Comisión[49, 50] ha informado de que, como resultado de estas medidas, ha disminuido la captura incidental de albatros. No obstante, la mortalidad incidental de petreles de barbilla blanca se produce cuando los palangres se colocan durante la noche[51] y todavía no se sabe hasta qué punto pueden estar recuperándose las poblaciones de albatros.

81. *Desechos marinos*. La Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida ha puesto en práctica medidas de ordenación destinadas a reducir la mortalidad incidental y el impacto de los desechos marinos en la biota. El uso de cintas plásticas para cerrar las cajas de carnada en los buques pesqueros está prohibido y en el último año los programas de vigilancia han detectado una disminución de los desechos[52].

82. *Impacto de la pesca de arrastre*. La captura de peces de escama en el Océano Antártico se ha realizado principalmente con el sistema de arrastre de fondo[53]. Las redes barrederas se arrastran a lo largo del fondo del mar, volviendo a suspender los sedimentos y perturbando el bentos[54]. Si bien se desconocen los efectos concretos en la rica fauna béntica del Océano Antártico, se cree que la pesca de arrastre podría tener un impacto grave y duradero debido a la escasa resistencia de las comunidades de crecimiento lento a las perturbaciones.

83. *Pesca ilegal.* Se ha informado de casos de pesca ilegal de *D. eleginoides*. Se cree que la captura ilegal es igual o superior a la captura total permisible fijada por la Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida, lo que pone en grave peligro la ordenación sostenible de este recurso[55]. Se desconocen los efectos que está produciendo este nivel de explotación en las poblaciones de peces. La Comisión ha implantado un sistema revisado de inspección internacional en un intento por combatir este problema.

84. *Pesca del calamar*. El Reino Unido ha indicado que existen posibilidades de explotación de la pota festoneada (*Martialia hyadesi*) dentro de la zona de la Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida[56]. En 1989, el Reino Unido capturó aproximadamente 8.000 toneladas, pero no se han realizado nuevas capturas.

D. Contaminantes transportados a larga distancia

85. La Antártida es el continente menos poblado e industrializado, y las actividades humanas que se realizan allí son mínimas y están muy localizadas. Se han llevado a cabo investigaciones sobre la presencia y el transporte de contaminantes en los ecosistemas marinos y terrestres de la Antártida. Los estudios de casos sobre la Antártida pueden utilizarse como base para evaluar los niveles actuales y futuros de contaminación mundial[57].

a) Origen y depósito de los contaminantes transportados a larga distancia

86. Los contaminantes transportados a larga distancia que se encuentran en la Antártida provienen principalmente de las zonas industrializadas del mundo[58]. Muchos de esos contaminantes son transportados a la Antártida en las capas superiores de la atmósfera en forma de vapor[59], mientras que otros son empujados al continente antártico por las corrientes marinas. El aire que llega a la Antártida desde el exterior tiene que atravesar la zona de tormentas ciclónicas que rodea el continente. Esto actúa como un filtro, extrayendo del aire algunas de las partículas y gases reactivos y depositándolos en el Océano Antártico.

87. El transporte de contaminantes atmosféricos entre continentes queda demostrado por las semejanzas que existen entre los tipos de contaminantes que se ven en la Antártida y los que se observan en el resto del hemisferio austral[60]. Entre ellos cabe mencionar a los clorofluorocarbonos (CFC), que son los causantes del agotamiento del ozono en la Antártida (véase secc. E infra), oligogases como el dióxido de carbono y el metano, los desechos radiactivos de accidentes y ensayos con bombas nucleares en la atmósfera en el pasado, los metales pesados y los hidrocarburos[61, 62, 63]. La baja concentración de estos contaminantes (en el orden del ng (nanogramo) kg^{-1}) ha impedido en ocasiones hacer un análisis preciso de la contaminación, y la variabilidad espacial y temporal ha hecho difícil establecer valores medios o detectar cambios[64].

88. Una vez que se encuentran sobre la Antártida, los contaminantes pueden depositarse dentro de los copos de nieve o caer directamente sobre la superficie nevada. El hielo conserva un archivo histórico de la atmósfera, y los estudios de los núcleos de hielo ponen de manifiesto los cambios mundiales en los oligogases y en algunos contaminantes como el plomo. Aún no se comprenden claramente los procesos de depósito, y la suposición de que las concentraciones que se observan en la nieve pueden relacionarse simplemente con las

concentraciones en la masa de aire es discutible[65]. Aparentemente se desconoce la relación que existe entre la contaminación atmosférica que llega al continente antártico y la que se deposita en el Océano Antártico.

89. Se han identificado en la Antártida una serie de contaminantes que indican la existencia del transporte intercontinental. Los metales pesados y los hidrocarburos son ejemplos de las tendencias generales observadas.

b) Metales pesados

90. Los metales pesados han sido el centro de atención de los estudios de los contaminantes encontrados en la nieve y el hielo polares[66]. Los estudios sobre los metales pesados en las aguas y la biota del Océano Antártico son escasos y tropiezan con el problema de la alta variabilidad y las dificultades analíticas[67]. El plomo (Pb) es un ejemplo de un metal pesado ampliamente difundido en el medio ambiente antártico. Se distribuye principalmente como consecuencia de su uso en forma de plomo tetralquilo, como aditivo del petróleo. En el período preindustrial, los niveles oscilaban generalmente entre 0,3 y 0,5 ng kg^{-1}, y se derivaban de polvo de corteza y posibles aportes volcánicos[68]. Entre 1920 y 1950, las concentraciones de plomo variaron en torno a una media de 2,5 ng kg^{-1}, con un claro aumento a 6 ng kg^{-1} entre 1950 y 1980[69]. Esto significa que la concentración aumentó entre 12 y 20 veces. La disminución ocurrida posteriormente puede atribuirse a un incremento en el uso de combustibles con menor contenido de plomo[70]. Las relaciones isotópicas sugieren que el agua de mar en la Antártida tiene un contenido de plomo derivado de actividades humanas.

c) Hidrocarburos

91. Los niveles de contaminación por hidrocarburos derivada de actividades antropogénicas están localizados y son muy bajos en la Antártida, en comparación con otras regiones del mundo. Esto, unido a los bajos niveles de hidrocarburos biogénicos naturales, convierte a la Antártida en un lugar ideal para medir líneas de base y evaluar la contaminación mundial por hidrocarburos[71, 72]. Sin embargo, es importante diferenciar entre las fuentes mundiales y locales de contaminación, ya que las emisiones locales pueden dificultar la detección de la contaminación mundial[73, 74]. Un ejemplo de contaminación local por hidrocarburos fue el derrame de 600.000 litros de combustible Diesel Arctic en Arthur Harbour, en la Península Antártica, en enero de 1989, como consecuencia del hundimiento del buque argentino Bahía Paraíso[75].

92. Se han encontrado hidrocarburos clorados en la biota, la nieve, el hielo y el aire de la Antártida[76, 77, 78]. Estas sustancias no tienen un origen natural conocido[79]. También se han detectado residuos de hidrocarburos clorados en algunas especies de musgo y liquen de distintos lugares[80].

E. Agotamiento del ozono

93. La gran disminución del ozono sobre la Antártida fue un descubrimiento inesperado y determinó la necesidad de revisar a fondo las teorías de la química estratosférica. Si bien los científicos habían pronosticado la posibilidad de que se agotara el ozono[81], el descubrimiento por Farman y otros[82] del "agujero" en la capa de ozono sobre la Antártida no se esperaba. Hoy en día se conocen ampliamente los procesos que han llevado al agotamiento del ozono sobre las regiones polares. Las reacciones químicas que se producen en las nubes en la estratósfera convierten el cloro y el bromo (anteriormente especies inactivas en reserva) en formas que destruyen catalíticamente el ozono en presencia de la luz solar[83]. El agotamiento del ozono continúa hasta que el calentamiento de la estratósfera polar elimina las nubes estratosféricas y pone en marcha el vórtice polar a principios del verano.

a) Evolución

94. Entre 1978 y 1987, el "agujero" en la capa de ozono aumentó tanto en profundidad (pérdida total de ozono en una columna) como en extensión (figura IV). Este crecimiento no fue lineal, sino que pareció fluctuar y pasó por un período de dos años en que recibió la influencia de los vientos ecuatoriales[84]. El agotamiento del ozono fue significativamente menor en 1988, pero entre 1989 y 1991 alcanzó niveles similares a los de 1987. El "agujero" de ozono sobre la Antártida siguió creciendo durante los primeros años del decenio de 1990, aunque los "agujeros" sumamente grandes de 1992 y 1993 se debieron en parte a los sulfatos en aerosol emanados de la erupción del Monte Pinatubo, que aumentó la eficacia de la destrucción catalítica del ozono por el cloro y el bromo[85]. En la primavera de 1993 se obtuvo una medición que registró un nivel bajo de ozono sin precedentes (85 unidades Dobson). En 1995, la disminución del ozono comenzó más temprano que en cualquiera de los años anteriores, y el ritmo de descenso fue el más rápido registrado hasta ese momento[86]. Los sondeos verticales realizados sobre el Polo Sur en septiembre y octubre de 1995 mostraron una destrucción casi total del ozono a altitudes de entre 15 y 20 km. Los valores totales del ozono sobre la Antártida en septiembre y octubre de 1995 fueron extremadamente bajos, y los valores mínimos superaron apenas levemente los valores bajos sin precedentes observados en 1993.

Figura IV. Niveles mínimos de ozono durante la primavera antártica dentro del "agujero" de ozono, entre 1979 y 1994. La zona sombreada de color oscuro muestra la extensión media del "agujero" de ozono (valores de ozono menores o iguales a 220 unidades Dobson).

Primavera antártica
Mínimos de ozono

Ozono total (Unidades Dobson)

Extensión (millones de km²)

Año

Fuente: Adaptado de J.R. Herman y otros, "Meteor-3/TOMS observations of the 1994 ozone hole", Geophysical Research Letters, vol. 22, No.3 (1995).

b) Consecuencias

95. El aumento de la radiación solar ultravioleta B de superficie, que se atribuye al agotamiento del ozono estratosférico, constituye una amenaza para los ecosistemas antárticos. La radiación ultravioleta B es perjudicial no solamente para los habitantes terrestres primarios como las cianobacterias y las algas, sino también para los líquenes y musgos, las plantas superiores y los invertebrados[87]. Los habitantes terrestres pueden tener mecanismos reparadores de protección, pero no se conocen con certeza los efectos a largo plazo[88].

96. Se han encontrado pruebas de los efectos directos del aumento de la radiación ultravioleta B en las aguas de la Antártida comparando la productividad del fitoplancton dentro y fuera de la zona del "agujero". Un estudio indicó una reducción de entre 6 y 12% en la productividad del fitoplancton en la zona de hielo marginal[89]. Karentz y otros[90] llegaron a la conclusión de que el fitoplancton marino antártico podría tener mecanismos reparadores de protección y producir pigmentos cuando fuese necesario. En cuanto a las consecuencias ecológicas, McMinn y otros[91] concluyeron que el desplazamiento de las especies sensibles a la radiación ultravioleta por especies resistentes a esa radiación podría ser más importante que una disminución de la productividad general. Es difícil predecir los efectos a largo plazo del aumento de la radiación ultravioleta en los ecosistemas, y actualmente es muy poco lo que se sabe al respecto[92].

97. *Descubrimientos científicos recientes*

1) Las tasas de crecimiento atmosférico de varias sustancias importantes que destruyen el ozono han disminuido, lo que demuestra el efecto esperado del Protocolo de Montreal (1987) y sus Enmiendas y Ajustes.
2) La conclusión de que los compuestos de cloro y bromo, unidos a la química de superficie sobre partículas que existen naturalmente en la estratósfera polar, son la causa del agotamiento del ozono en las regiones polares se ha visto reforzada aún más. El CCIA ha señalado que actualmente se sabe que, además de los CFC, hay otros compuestos (como el bromuro de metilo) que destruyen el ozono.
3) El "agujero" sin precedentes en la capa de ozono en 1993 se debió principalmente a una estratósfera más fría de lo normal, a un vórtice polar estable y a aerosoles volcánicos emanados del Monte Pinatubo.
4) La extensión máxima del "agujero" de ozono está alcanzando su valor límite impuesto por la región de baja temperatura dentro del vórtice polar.
5) Se espera que las pérdidas máximas de ozono se produzcan a fines del decenio de 1990.
6) Se ha reforzado aún más la idea de que la disminución del ozono estratosférico está vinculada al aumento de la radiación ultravioleta de superficie.
7) La pérdida de ozono estratosférico da lugar, en promedio, a una capacidad de bloqueo negativa de la radiación a nivel mundial.

F. Hielo marino

98. La presencia y la variabilidad del hielo marino que rodea a la Antártida constituye una de las características más salientes del hemisferio austral. La profunda variación de la superficie cubierta de hielo marino, de 4 millones de km^2 a fines del verano a casi 20 millones de km^2 a fines del invierno, supera en

más del doble la superficie efectivamente cubierta de hielo del continente antártico[93]. Esta gran fluctuación estacional repercute en el intercambio de energía, masa e impulso entre el océano y la atmósfera y, unida a la fluctuación estacional del hielo marino ártico, desempeña un papel importante en el clima mundial.

a) Formación del hielo marino antártico

99. El hielo marino se forma cuando pequeños cristales de hielo orientados al azar se unen y forman una delgada capa que luego crece hacia abajo por el congelamiento del agua en su base. Si hay mucho oleaje, el hielo se aglomera en discos casi circulares o "panqueques" que se adhieren entre sí y flotan juntos como una balsa, formando una capa consolidada continua de un espesor de hasta varias decenas de centímetros[94]. Hay cuatro factores fundamentales que influyen en la formación del hielo marino: el flujo de calor oceánico o corrientes de convección, la temperatura atmosférica, la acción de las olas y las corrientes oceanográficas[95]. Otros factores importantes en la formación del hielo marino antártico (en comparación con el hielo marino ártico) son la rápida expansión de la capa de hielo y la formación de "hielo-nieve" una vez que la superficie de hielo ha sido inundada por agua de mar[96].

b) Distribución espacial

100. En el verano austral, el hielo marino está limitado principalmente al sector occidental del Mar de Weddell, a las regiones meridionales de los mares de Bellingshausen y Amundsen y al sector sudoriental del Mar de Ross, y generalmente se observa un ribete angosto de hielo en torno a gran parte del continente[97]. Durante el invierno, el extremo máximo de la capa de hielo se extiende más hacia el norte en el sector oriental del Mar de Weddell, y más hacia el sur en la región occidental del Mar de Bellingshausen (figura V). Si bien hay cierta uniformidad en el ciclo estacional, la extensión del manto de hielo varía de un año a otro. De acuerdo con investigaciones recientes, estas fluctuaciones podrían estar relacionadas con la periodicidad climática del fenómeno "El Niño/oscilación meridional"[98].

Figura V. Variabilidad estacional del hielo marino antártico (zona sombreada) durante el período 1973/1992: a) extensión media mínima de la capa de hielo, b) extensión media máxima de la capa de hielo.

a) **b)**

Fuente: Adaptado de I. Simmonds y T.H. Jacka, "Relationships between the international variability of Antarctic sea ice and the Southern Oscillation", Journal of Climate, vol. 8 (1995).

101. Dentro del hielo marino se observan espacios de mar abierto como canales y polinias, donde hay una intensa interacción entre el océano y la atmósfera y un crecimiento y engrosamiento significativos de la capa de hielo. Los canales pueden verse en toda la extensión del hielo marino y son consecuencia de las diferencias en el movimiento del hielo, que es impulsado principalmente por los vientos. Las polinias son zonas recurrentes de mar abierto o de baja concentración de hielo que se observan en las mismas zonas dentro del hielo marino. Algunas de las polinias más grandes se encuentran en los mares de Weddell y Ross, donde surgen como resultado de una combinación de fuerzas oceanográficas y atmosféricas. Jacobs y Comiso[99] descubrieron que en las polinias del Mar de Ross influían tanto el flujo ascendente de agua salada relativamente tibia a lo largo de la pendiente continental como los fuertes vientos catabáticos que soplan desde el continente.

c) Espesor

102. La capa de hielo marino antártico es considerablemente más delgada que la de hielo ártico de una antigüedad similar[100, 101, 102, 103]. Al año de su formación, el hielo de la región oriental de la Antártida tiene generalmente un espesor de entre 0,4 y 0,6 metros[104], mientras que una capa de hielo de muchos años en la región occidental del Mar de Weddell - donde se encuentra la mayor extensión de hielo perenne en la Antártida - tiene generalmente un espesor de entre 1 y 3 metros[105]. La capa de hielo de fines del invierno en todo el sector del Pacífico del Océano Antártico es aparentemente más gruesa (0,9 metros como promedio) que en la mayor parte del Mar de Weddell y la región oriental de la Antártida[106].

103. *Descubrimientos científicos recientes*

1) De acuerdo con un análisis de la cubierta de hielo mundial entre 1978 y 1994, no se han detectado cambios significativos desde el punto de vista estadístico en el hielo marino antártico[107], pese a que las variaciones entre un año y otro son muy grandes y la serie cronológica de datos sinópticos es relativamente corta. En el mismo período, el hielo marino ártico parece haber disminuido un 5,5%.
2) A fines de los años 80 y principios de los 90 se detectaron reducciones significativas en la capa de hielo estival en los mares de Bellingshausen y Amundsen, lo que coincide con el calentamiento de la atmósfera al oeste de la Península Antártica[108].
3) Parkinson[109] calculó una "temporada de hielo marino" entre 1979 y 1986 que mostró un aumento en la duración de la temporada en el Mar de Ross y una disminución en los mares de Weddell y Bellingshausen.
4) La capa de hielo marino en la Antártida muestra ciclos periódicos que están de acuerdo con las variaciones de la periodicidad climática del fenómeno "El Niño/oscilación meridional"[110].

G. Mantos de hielo

104. Más del 87% del agua dulce de la Tierra existe en estado de congelación, y más del 90% de ese hielo se encuentra en el continente antártico[111]. El manto de hielo y las extensiones de hielo flotante de la Antártida son un elemento significativo en el sistema climático mundial, y la gran reflexión de la luz solar combinada con su altura ejercen influencias importantes. El tamaño relativo del manto de hielo tiene un efecto directo sobre el nivel del mar en todo el mundo y se estima que un equivalente de entre 62 y 70 metros del nivel del mar está encerrado dentro de esa masa de hielo[112].

a) Balance de masas del manto de hielo de la Antártida

105. El balance de masas del manto de hielo es el parámetro más pertinente y menos conocido que se necesita para elaborar modelos de los efectos del aumento de la temperatura mundial sobre el manto de hielo de la Antártida[113]. El balance de masas total del manto de hielo es la suma del balance de masas neto sobre la superficie superior del manto de hielo (es decir, precipitación menos deshielo, sublimación, evaporación y deflación), más las pérdidas por derretimiento en el límite inferior y la separación de trozos de hielo de los icebergs en el margen. En los últimos milenios, el derretimiento y la separación de trozos de hielo más allá de la línea de apoyo en tierra del manto de hielo han mantenido un equilibrio aproximado entre la acumulación y el desgaste natural[114]. Las estimaciones del balance de masas actual son aproximadas, con incertidumbres de entre 20 y 50% en todas las cifras[115]. La evaluación más actualizada[116] sugiere que el manto de hielo antártico está perdiendo masa hacia los océanos; sin embargo, es necesario realizar nuevas investigaciones, particularmente en cuanto al desgaste natural del manto de hielo, para poder hacer afirmaciones confiables.

106. El balance de masas futuro del manto de hielo de la Antártida ha sido objeto de análisis en varios estudios[117, 118, 119]. Los resultados indican que, si el clima se tornara más cálido, habría mayores precipitaciones sobre el manto de hielo de la Antártida, lo que a su vez produciría una acumulación más intensa, pero cuando la temperatura atmosférica se elevara 5º C por encima de la temperatura actual, el manto de hielo de la Antártida comenzaría a disminuir.

b) Separación de trozos de hielo de los icebergs y derretimiento de la barrera de hielo

107. La separación de trozos de hielo de los icebergs es el factor más importante en el desgaste natural del manto de hielo de la Antártida[120]. De acuerdo con estimaciones realizadas recientemente sobre la base de datos procedentes tanto de buques como de satélites, la separación de trozos de hielo de los icebergs es apenas algo menor a la acumulación anual total[121]. El derretimiento de la barrera de hielo es el otro elemento fundamental en el desgaste natural del manto de hielo, y aproximadamente el 80% de todo el derretimiento de la barrera de hielo se produce en la base de las barreras de hielo circumpolares, a más de 100 km del frente de hielo[122]. Las investigaciones recientes han demostrado que la barrera de hielo ha estado retrocediendo en forma constante en la Península Antártica en los últimos 50 años[123, 124, 125, 126]. Estas barreras de hielo parecen ser indicadores sensibles del cambio climático.

c) Estabilidad del manto de hielo

108. El manto de hielo de la región oriental de la Antártida es muy antiguo y estable, y en su mayor parte está asentado sobre la tierra por encima del nivel del mar. En cambio, el manto de hielo "de base marina" de la región occidental de la Antártida descansa sobre un lecho que está muy por debajo del nivel del mar y que, en opinión de muchos glaciólogos, es intrínsecamente inestable y propenso a derrumbarse. Los ríos de hielo - grandes corrientes de hielo semejantes a ríos - pueden ser muy importantes para el equilibrio de los mantos de hielo "marinos"[127]. Tienen la capacidad de aumentar la velocidad de derrumbe del manto de hielo al transportar hielo desde el interior hacia el margen del manto de hielo, a velocidades de uno o dos órdenes de magnitud mayores que el flujo general de hielo. Es fundamental comprender la naturaleza del proceso de transición entre el manto, el río y la barrera de hielo para resolver la cuestión de la estabilidad del manto de hielo antártico.

d) Efectos en el nivel del mar

109. El nivel del mar ha aumentado 6 mm al año^{-1} como promedio a partir del nivel máximo del último período glacial (hace 18.000 años)[128], mientras que la estimación más exacta del aumento del nivel del mar, evaluado para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos, fue de 1,5 mm en los últimos 100 años[129]. Los factores que probablemente han contribuido en mayor medida al aumento del nivel del mar en los últimos 100 años son la expansión térmica (0,4 mm al año^{-1}), el derretimiento de pequeños témpanos de hielo y glaciares (0,4 mm al año^{-1}) y pérdidas de la barrera de hielo de Groenlandia (0,25 mm al año^{-1})[130]. Esto deja sin explicación los restantes 0,45 mm al año^{-1} de la "estimación más exacta" de 1,5 mm al año^{-1} del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos. Si el manto de hielo antártico está realmente perdiendo masa hacia los océanos, entonces solamente una pequeña fracción de este déficit tendría que provenir del hielo asentado en tierra para justificar esos 0,45 mm de aumento del nivel del mar.

110. Sin embargo, Drewry y Morris[131] subrayan que la contribución actual del manto de hielo antártico al aumento del nivel del mar no puede estimarse de manera confiable si se considera al continente como una unidad única. Las tasas de acumulación y ablación varían de acuerdo con una serie de factores, entre ellos la naturaleza del manto de hielo, la topografía circundante y la dinámica del hielo. La topografía del terreno que se encuentra por debajo del manto de hielo es de particular importancia, ya que puede introducir umbrales de estabilidad e inestabilidad, generando una respuesta escalonada al cambio climático[132].

111. *Descubrimientos científicos recientes*

1) Las tendencias de calentamiento a largo plazo de la atmósfera en la Península Antártica son tan marcadas que parecen ser significativas desde el punto de vista estadístico[133, 134].
2) Cinco barreras de hielo del sector septentrional de la Península Antártica han retrocedido a grandes pasos en los últimos 50 años, tal vez como consecuencia del calentamiento de la atmósfera[135].
3) El drástico derrumbe ocurrido recientemente en la barrera de hielo de Larsen, en la Península Antártica, hace pensar que después de que una barrera de hielo retrocede más allá de un límite crítico, puede derrumbarse rápidamente[136].
4) Los modelos numéricos tridimensionales elaborados recientemente no respaldan la tesis de un derrumbe catastrófico del manto de hielo de la región occidental de la Antártida[137].

V. OBSERVACIONES FINALES

A. Cuestiones ambientales

112. El turismo antártico es una industria en crecimiento, y el número de lugares que se visitan, así como la gama de actividades que se realizan, está aumentando rápidamente. Los efectos ambientales a largo plazo de la actividad turística en la Antártida siguen siendo en gran parte desconocidos, y hay dificultades para distinguir entre los cambios naturales y los causados por el hombre debido a que los datos reunidos sobre el impacto ambiental corresponden a períodos cortos.

113. Los niveles de pesca actuales están por debajo de los volúmenes de captura total permisible fijados por la Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida, pero hay muchos recursos pesqueros, entre ellos el krill, que siguen despertando interés comercial. Ha habido problemas con la captura incidental de aves en la pesca de palangre, y también con la pesca ilegal dentro de la zona de la Comisión. La Comisión está tratando de resolver estos problemas. Es importante conocer en detalle la biología y la ecología del ecosistema marino para poder adoptar decisiones informadas en materia de ordenación que aseguren la sustentabilidad de los recursos pesqueros, que es la preocupación primordial de la Comisión.

114. Los contaminantes provenientes de las regiones industriales y habitadas del mundo son transportados a la Antártida merced a la circulación atmosférica y oceánica. No obstante, los niveles de contaminación en la Antártida siguen siendo en general sumamente bajos, salvo en unos pocos puntos localizados. La Antártida ofrece así las condiciones ideales para ser utilizada como base de las

actividades de vigilancia de los contaminantes transportados a larga distancia, ya que las actividades humanas son mínimas y están localizadas. Es importante que este valor científico de la Antártida no se destruya como consecuencia de las fuentes locales de contaminación.

115. Se espera que, por muchos decenios más, en cada primavera del hemisferio austral, se produzca un gran "agujero" en la capa de ozono sobre la Antártida, ya que la abundancia de cloro y bromo en la estratósfera sólo se acercará muy lentamente, durante el próximo siglo, a los niveles anteriores al "agujero de ozono" (de fines de los años 70). Se prevé que la capa de ozono va a ser más afectada por las perturbaciones causadas por el hombre y más susceptible a las variaciones naturales en el período cercano al año 1998, cuando se espera la presencia de niveles muy altos de cloro y bromo en la estratósfera. Es solamente gracias a las restricciones impuestas por el Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono y el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, que puede esperarse que desaparezca el "agujero" de ozono sobre la Antártida.

116. El hielo marino es un parámetro ambiental muy importante en la Antártida, y el largo ciclo estacional tiene un efecto significativo en el intercambio de energía, masa e impulso entre el océano y la atmósfera. Las investigaciones realizadas con datos obtenidos mediante satélite han demostrado que la duración de la temporada de hielo marino y la extensión máxima del hielo fluctuaron durante los decenios de 1970 y 1980. Las evaluaciones de las variaciones de la cubierta de hielo mundial no han detectado hasta el momento cambios globales significativos en la capa de hielo de la Antártida, pese a que en los mares de Bellingshausen y Amundsen parece estar respondiendo a un aumento de la temperatura regional. Sin embargo, las series de datos sistemáticos y distribuidos espacialmente de que se dispone no son suficientes para determinar la variabilidad estacional y regional del espesor del hielo y de la nieve y de los procesos de distribución y crecimiento.

117. El balance de masas del manto de hielo de la Antártida debería ser una variable importante para los modelos climáticos mundiales. No obstante, las incertidumbres relativas a los componentes de acumulación y desgaste natural, así como a las variaciones espaciales de las características del manto del hielo, determinan que el cálculo del balance de masas total no sea confiable en la actualidad. Se prevé que el principal efecto inmediato del calentamiento de la atmósfera en el balance de masas del manto de hielo de la Antártida será un aumento de la precipitación y, por consiguiente, de la acumulación. Muchos glaciólogos consideran que el manto de hielo con base marina de la región occidental de la Antártida es vulnerable al calentamiento de la atmósfera y al aumento del nivel del mar; sin embargo, no resulta claro si está actualmente retrocediendo, avanzando o en equilibrio. El aumento de la temperatura

atmosférica y el retroceso de la barrera de hielo contemporáneo en la Península Antártica en los últimos 50 años indican que esta región es un indicador sensible de los cambios climáticos.

B. Un informe completo sobre el estado del medio ambiente en la Antártida

118. No ha sido posible hacer en este informe una síntesis y un examen completos de toda la bibliografía con el fin de presentar este resumen sobre el estado del medio ambiente en la Antártida. Ese informe completo no se ha escrito aún.

119. En el capítulo 17 del Programa 21, los gobiernos llegaron a un consenso en cuanto a seguir mejorando el acceso de la comunidad científica internacional y de los organismos especializados de las Naciones Unidas a los datos resultantes de las investigaciones científicas que apuntan a mejorar la comprensión del medio ambiente mundial. Si bien no se indica expresamente en ese texto, gran parte de los datos de interés mundial están relacionados con el estado del medio ambiente en la Antártida, y claro ejemplo de ello es la información sobre el agotamiento del ozono, los cambios climáticos y la distribución de diversos contaminantes.

120. La necesidad urgente de preparar un informe sobre el estado del medio ambiente en la Antártida surge también del Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente. Más concretamente, en el inciso j) del artículo 12 del Protocolo de Madrid se pide al Comité para la Protección del Medio Ambiente que presente un informe sobre el estado del medio ambiente en la Antártida a las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico.

121. En la 20ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico se sugirió que el CCIA examinara la cuestión de la preparación de un informe sobre el estado del medio ambiente en la Antártida y que prestara asesoramiento al respecto. En la reunión del CCIA celebrada en Cambridge (Reino Unido) en agosto de 1996, se trató el tema de la preparación de un informe sobre el estado del medio ambiente en la Antártida. Se consideró oportuno, y al mismo tiempo esencial, que el CCIA, en colaboración con otras partes interesadas, apoyara los esfuerzos destinados a preparar una evaluación autorizada de esta región clave. El CCIA prevé designar próximamente un pequeño comité directivo para comenzar a deliberar con otras organizaciones sobre el alcance y el contenido del informe. El CCIA presentará un informe sobre esas deliberaciones a la Reunión Consultiva de 1997.

122. El informe reuniría por primera vez, en una forma accesible y de fácil interpretación, una amplia gama de datos que se encuentran dispersos en toda la bibliografía sobre la Antártida y en las bases de datos sobre el medio ambiente que existen en todo el mundo. En segundo lugar, desempeñaría una función importante en lo que respecta a informar sobre la Antártida a todos los miembros de la comunidad mundial.

123. La preparación de un informe sobre el estado del medio ambiente en la Antártida tendría ventajas prácticas. Los organismos científicos y técnicos pertinentes de las Naciones Unidas están dispuestos a contribuir al objetivo de publicar dicho informe y a colaborar de manera práctica para alcanzar las metas establecidas en el capítulo 17 del Programa 21 y contemplar los intereses comunes de los Estados que son parte en el Tratado Antártico y de los Estados que no lo son.

Notas

[1] Este informe ha sido preparado en nombre del Secretario General por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, con la colaboración del International Center for Antarctic Information and Research, de Christchurch (Nueva Zelandia), en el marco del programa de la Base Mundial de Información sobre Recursos del PNUMA.

[2] Fox, A.J. y A.P.R. Cooper. "Measured properties of the Antarctic ice sheet derived from the SCAR Antarctic digital database", Polar Record, vol. 30, Nº 174 (1994), pág. 204.

[3] Comité Científico de Investigaciones Antárticas. The role of Antarctica in global change: scientific priorities for the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) (Cambridge, CCIA, 1989), pág. 5.

[4] Harris, C.M. y B. Stonehouse, eds. Antarctica and global climatic change (Londres, Belhaven Press, 1991).

[5] Drewry, D.J., R.M. Laws y J.A. Pyle. Antarctica and Environmental Change (Oxford, Clarendon Press, 1993).

[6] Weller, G. "Antarctica and the detection of environmental change", en Antarctica and Environmental Change, Drewry, D.J., R.M. Laws y J.A. Pyle, eds. (Oxford, Clarendon Press, 1993), pág. 1.

[7] Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente (texto completo publicado por el Comité Científico de Investigaciones Antárticas, 1993).

[8] Informe presentado a la 20ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico por el Gobierno depositario del Convenio para la conservación de las focas antárticas (Reino Unido). Documento de trabajo 7, 20ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico, Utrecht (Países Bajos), 29 de abril a 10 de mayo de 1996.

[9] Informe presentado a la 20ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico por la Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida. Documento de información 103, 20ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico, Utrecht (Países Bajos), 29 de abril a 10 de mayo de 1996.

[10] La información que figura en esta sección y la siguiente ha sido extraída en forma resumida de los Documentos de Información 69, 70 y 71 presentados por el CCIA a la 20ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico, Utrecht (Países Bajos), 29 de abril a 10 de mayo de 1996.

[11] Strömberg, J.O. y otros. State of the Marine Environment in Antarctica. UNEP Regional Seas Reports and Studies Nº 129 (Nairobi, PNUMA, 1990).

[12] Kelleher, G., C. Bleakley y S. Wells. A global representative system of marine protected areas: volume 1 (Washington D.C., Great Barrier Reef Marine Park Authority, Banco Mundial y Unión Mundial para la Naturaleza, 1995).

[13] Lewis Smith, R., D. Walton y P. Dingwall. "Developing the Antarctic protected area system". Conservation of the Southern Polar Regions 1. Documentos del Seminario sobre zonas protegidas de la Antártida organizado por el CCIA y la UICN, Cambridge (Reino Unido), 29 de junio a 2 de julio de 1992 (Gland, UICN, 1994).

[14] Dingwall, P. "Progress in conservation of the Subantarctic islands". Conservation of the Southern Polar Regions 2. Documentos del Seminario sobre protección, investigación y ordenación de las Islas Subantárticas, organizado por el CCIA y la UICN, Paimpont (Francia), 27 al 29 de abril de 1992 (Gland, UICN, 1995).

[15] Dingwall, P. y D. Walton. "Opportunities for Antarctic environmental education and training". Conservation of the Southern Polar Regions 3. Documentos del Seminario sobre capacitación y educación en temas ambientales, organizado por el CCIA y la UICN, Gorizia (Italia), 26 al 29 de abril de 1993 (Gland, UICN, 1996).

[16] Proyecto de informe del CCIA y el Consejo de directores de programas nacionales del Antártico sobre los seminarios relativos a la vigilancia del medio ambiente en la Antártida, Oslo, 17 al 20 de octubre de 1995, y College Station (Texas), 25 al 29 de marzo de 1996, pág. 3.

[17] Ibid.

[18] Ibid.

[19] Estados Partes en el Tratado Antártico. Documentos de intercambio anual de información, por país de origen: diversas fechas.

[20] Beltramino, J.C.M. The Structure and Dynamics of Antarctic Population (Nueva York, Vantage Press, 1993), pág. 55.

[21] Adaptado de Enzenbacher, D.J. "Tourists in Antarctica: numbers and trends", Polar Record, vol. 28, Nº 164 (1993).

[22] Enzenbacher, D.J. "Antarctic tourism: an overview of 1992/93 season activity, recent developments, and emerging issues", Polar Record, vol. 30, Nº 173 (1994).

[23] Ibid.

[24] Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte. Recent developments in Antarctic tourism. Documento de información 13, 19ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico, Seúl, 8 al 19 de mayo de 1995.

[25] Enzenbacher, op. cit. (1993), págs. 18 y 19.

[26] Australia. 1995-1996 Australian tourist overflights of Antarctica. Documento de información 34, 20ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico, Utrecht (Países Bajos), 29 de abril a 10 de mayo de 1996, pág. 5.

[27] Reino Unido, op. cit. (1995), pág. 3.

[28] Asociación internacional de agencias de viajes que operan en la Antártida (IAATO). Preliminary overview of Antarctic tourism. Documento de información 96, 20ª Reunión Consultiva del Tratado Antártico, Utrecht (Países Bajos), 29 de abril al 10 de mayo de 1996, pág. 1.

[29] Enzenbacher, op. cit. (1993), pág. 19.

[30] Reino Unido, op. cit. (1995), pág. 1.

[31] IAATO, op. cit. (1996), pág. 1.

[32] National Science Foundation. Informe presentado a la Séptima reunión de agencias de viajes que operan en la Antártida, Washington D.C., julio de 1995.

[33] Ucha, S.B. y A.M. Barrio. Report on Antarctic tourism numbers through the Port of Ushuaia 1996-96 (Ushuaia (Argentina), Instituto Fueguino de Turismo, 1996).

[34] Vincent, W.F., ed. Environmental management of a cold desert ecosystem: the McMurdo Dry Valleys. Informe de un seminario de la National Science Foundation, Santa Fe (Nuevo México), 14 al 17 de marzo de 1995 (Reno (Nevada), Desert Research Institute, 1996).

[35] Enzenbacher, D.J. "Tourism at Faraday Station: an Antarctic case study", Annals of Tourism Research, vol. 21, Nº 2 (1994).

[36] Ucha y Barrio, op. cit. (1996).

[37] Australia, op. cit. (1996).

[38] Kock, K.H. "Fishing and conservation in southern waters", Polar Record, vol. 30, Nº 172 (1994).

[39] Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida. Medidas de conservación en vigor 1995/1996. (Hobart, Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida, 1996a).

[40] Adaptado de Kock, op. cit. (1994).

[41] Ibid.

[42] Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida. Statistical Bulletin 1996 (1986-1995) (Hobart, Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida, 1996b).

[43] Ibid. Newsletter 1996 (Hobart, Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida, 1996c).

[44] Ibid.

[45] Ibid. Newsletter Nº 15 (noviembre de 1993), pág. 1.

[46] Ashford, J.R. y J.P. Croxall. "Seabird interactions with longlining operations for Dissostichus eleginoides at the South Sandwich Islands and South Georgia", CCAMLR Science, vol. 1 (1994).

[47] Ibid. "Seabird interactions with longlining operations for Dissostichus eleginoides around South Georgia, April to May 1994", CCAMLR Science, vol. 2 (1995).

[48] Dalziell, J. y M. de Poorter, "Seabird mortality in longline fisheries around South Georgia", Polar Record, vol. 29, Nº 169 (1993).

[49] Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida. CCAMLR Newsletter Nº 17 (diciembre de 1995), pág. 2.

[50] Ibid., op. cit. (1996c).

[51] Ministerio de Relaciones Exteriores y Comercio de Nueva Zelandia. Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida: 14ª sesión; Hobart, mayo de 1996. Informe de la delegación de Nueva Zelandia (Wellington, Ministerio de Relaciones Exteriores y Comercio, 1995), pág. 13.

[52] Comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida, op. cit. (1996a).

[53] Kock, op. cit. (1994).

[54] Jones, J.B. in Kock, op. cit. (1994).

[55] Antarctic and Southern Ocean Coalition. "Illegal fishing threatens CCAMLR's ability to manage Antarctica's fisheries", The Antarctica Project, vol. 5, Nº 2 (1996).

[56] Ministerio de Relaciones Exteriores y Comercio de Nueva Zelandia, op. cit. (1995), pág. 12.

[57] Cripps, G.C. y J. Priddle. "Hydrocarbons in the Antarctic marine environment", Antarctic Science, vol. 3, Nº 3 (1991).

[58] Wolff, E.W. "The influence of global and local atmospheric pollution on the chemistry of Antarctic snow and ice", Marine Pollution Bulletin, vol. 25, Nos. 9 a 12 (1992).

[59] Focardi, S. y otros. "Organochlorine residues in moss and lichen samples from two Antarctic areas", Polar Record, vol. 27, Nº 162 (1991).

[60] Venkatesan, M.I. y M.C. Kennicutt. "Pollutants in Antarctica: hydrocarbons, metals and synthetic chemicals". Documento no publicado, presentado en los seminarios sobre vigilancia del medio ambiente en la Antártida organizados por el CCIA y el Consejo de directores de programas nacionales del Antártico: Seminario 1: Prioritization of impacts and the development of monitoring options, Oslo, 17 al 20 de octubre de 1995.

[61] Wolff, E.W. "Signals of atmospheric pollution in polar ice and snow", Antarctic Science, vol. 2, Nº 3 (1990).

[62] Ibid. "Environmental monitoring in Antarctica: atmospheric pollution". Documento no publicado presentado en el Seminario 1 (véase nota 60 supra).

[63] Cripps y Priddle, op. cit. (1991).

[64] Strömberg y otros, op. cit. (1990).

[65] Wolff, op. cit. (1992).

[66] Ibid., pág. 276.

[67] Strömberg y otros, op. cit. (1990), pág. 19.

[68] Wolff, op. cit. (1992).

[69] Wolff, E.W. y E.D. Suttie, "Antarctic snow record of southern hemisphere lead pollution", Geophysical Research Letters, vol. 21, Nº 9 (1994).

[70] Wolff, op. cit. (1990).

[71] Cripps y Priddle, op. cit. (1991).

[72] Cripps, G.C. "Natural and anthropogenic hydrocarbons in the Antarctic marine environment", Marine Pollution Bulletin, vol. 25, Nos. 9 a 12 (1992).

[73] Boutron, C.F. y E.W. Wolff. "Heavy metal and sulphur emissions to the atmosphere from human activities in Antarctica", Atmospheric Environment, vol. 23, Nº 8 (1989).

[74] Strömberg y otros, op. cit. (1990), pág. 5.

[75] Kennicutt, M.C. y S.T. Sweet. "Hydrocarbon contamination on the Antarctic Peninsula: III. The Bahía Paraíso - two years after the spill", Marine Pollution Bulletin, vol. 25, Nos. 9 a 12 (1992).

[76] Riseborough, R.W. y G.M. Carmignani. "Chlorinated hydrocarbons in Antarctic birds", en B. Parker, ed., Conservation in Antarctica (Kansas, Allen Press, 1972).

[77] Focardi, S., L. Lari y L. Marsili. "PCB congeners, DDTs and hexachlorobenzene in Antarctic fish from Terra Nova Bay (Ross Sea)", Antarctic Science, vol. 4, Nº 2 (1992).

[78] Larsson, P., C. Järnmark y A. Södergren. "PCBs and chlorinated pesticides in the atmosphere and aquatic organisms of Ross Island, Antarctica", Marine Pollution Bulletin, vol. 25, Nos. 9 al 12 (1992).

[79] Strömberg y otros, op. cit. (1990), pág. 26.

[80] Focardi y otros, op. cit. (1991).

[81] Molina, M.J. y F.S. Rowland. "Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone", Nature, vol. 249 (1974).

[82] Farman, J.C., B.G. Gardiner y J.D. Shanklin. "Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal CLO_x/NO_x interaction", Nature, vol. 315 (1985).

[83] Pyle, J.A. y otros. "Ozone loss in Antarctica: the implications for global change", Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, vol. 338 (1992).

[84] Lait, L.R., M.R. Schoeberl y P.A. Newman. "Quasi-biennial modulation of the Antarctic ozone depletion", Journal of Geophysical Research, vol. 94 (1989).

[85] Organización Meteorológica Mundial, Scientific assessment of ozone depletion: 1994. Proyecto de la OMM Global Ozone Research and Monitoring, Informe Nº 37 (Ginebra, OMM, 1995).

[86] Ibid. Antarctic Ozone Bulletin 10/95, 6 de diciembre de 1995 (Ginebra, OMM, 1995).

[87] Wynn-Williams, D.D. "Potential effects of UV radiation on Antarctic primary terrestrial colonizers: cyanobacteria, algae and cryptograms", en Weiler, C.S. y P.A. Penhale, eds., Ultraviolet radiation in Antarctica: measurements and biological effects. Antarctic Research Series 62 (American Geophysical Union, Washington, D.C., 1994), págs. 243 a 257.

[88] Ibid., pág. 254.

[89] Smith y otros. "Ozone depletion: ultraviolet radiation and phytoplankton biology in Antarctic waters", Science, vol. 255 (1992).

[90] Karentz, D.J., J.E. Cleaver y D.L. Mitchell. "Cell survival characteristics and molecular responses of Antarctic phytoplankton to ultraviolet-B radiation", Journal of Phycology, vol. 27 (1991).

[91] McMinn, A., H. Heijnis y D. Hodgson. "Minimal effects of UV-B radiation on Antarctic diatoms over the past 20 years", Nature, vol. 370 (1994).

[92] Wynn-Williams, op. cit. (1994), pág. 254.

[93] Fullard, C.K., T.R. Karl y K.Ya. Vinnikov. "Obsrved climate variations and change", Houghton, J.T., G.J. Jenkins y J.J. Ephraums, eds., Climate Change: the IPPC scientific assessment. Informe preparado para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos por el Grupo de Trabajo 1 (Cambridge, Cambridge University Press, 1990), págs. 195 a 238.

[94] Lange, M.A. y otros. "Development of sea ice in the Weddell Sea", Annals of Glaciology, vol. 27 (1989).

[95] Squire, V.A. "Atmosphere-ice-ocean: do we really understand what is going on?" Harris, C.M. y B. Stonehouse, eds., Antarctica and Global Climatic Change (Londres, Belhaven Press, 1991), págs. 82 a 89.

[96] Allison, I., R.E. Brandt y S.G. Warren. "East Antarctica sea ice: albedo, thickness distribution and snow cover", Journal of Geophysical Research, vol. 98, Nº C7 (1993).

[97] Parkinson, C.L. "Southern Ocean sea-ice distribution and extents", Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 338 (1992).

[98] Gloersen, P. "Modulation of hemispheric sea-ice cover by ENSO events", Nature, vol. 373 (1995).

[99] Jacobs, S.S. y J.C. Comiso. "Sea ice and oceanic processes on the Ross Sea continental shelf", Journal of Geophysical Research, vol. 94 (1989).

[100] Wadhams, P., M.A. Lange y S.F. Ackley. "The ice thickness distribution across the Atlantic sector of the Antarctic ocean in midwinter", Journal of Geophysical Research, vol. 92 (1987).

[101] Lange, M.A. y H. Eicken. "The sea ice thickness distribution in the northwestern Weddell Sea", Journal of Geophysical research, vol. 96 (1991).

[102] Allison, I. y A.P. Worby. "Seasonal changes in sea ice characteristics off East Antarctica", Annals of Glaciology, vol. 20 (1994).

[103] Worby, A.P. y otros. "The thickness distribution of sea ice and snow cover during late winter in the Bellingshausen and Amundsen Seas, Antarctica", Journal of Geophysical Research, Oceans (en imprenta).

[104] Allison y Worby, op. cit. (1994).

[105] Lange y Eicken, op. cit. (1991), pág. 4821.

[106] Worby y otros, op. cit. (en imprenta).

[107] Johannessen, O.M., M. Miles y E. Bjorgo. "The Arctic's shrinking sea ice", Nature, vol. 376 (1995).

[108] Jacobs, S.S. y J.C. Comiso. "A recent sea-ice retreat west of the Antarctic Peninsula", Geophysical Research Letters, vol. 20, Nº 12 (1993).

[109] Parkinson, op. cit. (1992).

[110] Gloersen, op. cit. (1995).

[111] Meier, M.F. "Snow and ice in a changing hydrological world", Hydrological Sciences Journal, vol. 28, Nº 1 (1983).

[112] Drewry, D.J. y E.M. Morris. "The response of large ice sheets to climatic change", Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, vol. 338 (1992).

[113] Sugden, D.E. "The stepped response of ice sheets to climatic change", en Harris, C.M. y B. Stonehouse, eds., Antarctica and global climatic change. (Londres, Belhaven Press, 1991), págs. 107 a 114.

[114] Payne, A.J., D.E. Sugden y C.M. Clapperton. "Modelling the growth and decay of the Antarctic Peninsula ice sheet", Quaternary Research, vol. 31, Nº 2 (1989).

[115] Jacobs, S.S. y otros. "Melting of ice shelves and the mass balance of Antarctica", Journal of Glaciology, vol. 38 (1992).

[116] Jacobs, S.S. y H.H. Hartmut. "Antarctic ice sheet melting and the Southeast Pacific", Geophysical Research Letters, vol. 23, Nº 9 (1996).

[117] Huybrechts, P. y J. Oerlemans. "Response of the Antarctic ice sheet to future greenhouse warming", Climate Dynamics, vol. 5 (1990).

[118] Drewry, D.J. "The response of the Antarctic ice sheet to climatic change", Harris, C.M. y B. Stonehouse, eds., Antarctica and global climate change (Londres, Belhaven Press, 1991), págs. 90 a 106.

[119] Huybrechts, P. "The Antarctic ice sheet and environmental change: a three dimensional modelliung study", Berichte zur Polarforschung, Reports on Polar Research, vol. 99 (Bremerhaven (Alemania), Alfred-Wegener-Institut für Polar-und Meeresforschung, 1992).

[120] Jacobs y otros, op. cit. (1992).

[121] Drewry y Morris, op. cit. (1992).

[122] Jacobs y Hartmut, op. cit. (1996).

[123] Skvarca, P. "Fast recession of the Northern Larsen Ice Shelf monitored by space images", Annals of Glaciology, vol. 17 (1993).

[124] Ward, C.G. "Mapping ice front changes of Muller Ice Shelf, Antarctic Peninsula", Antarctic Science, vol. 7 (1995).

[125] Vaughan, D.G. y C.S.M. Doake. "Recent atmospheric warming and retreat of ice shelves on the Antarctic Peninsula", Nature, vol. 379 (1996).

[126] Rott, H., P. Skvarca y T. Nagler. "Rapid collapse of the Northern Larsen Ice Shelf, Antarctica", Science, vol. 271 (1996).

[127] Hindmarsh, R.C.A. "Modelling the dynamics of ice sheets", Progress in Physical Geography, vol. 17, Nº 4 (1993).

[128] Fairbanks, R.G. "A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation", Nature, vol. 342, Nº 6250 (1989).

[129] Warrick, R.A. y J. Oerlemans. "Sea level rise", en Houghton, J.T., G.J. Jenkins y J.J. Ephraums, eds., Climate Change - the IPCC scientific assessment (Cambridge, Cambridge University Press, 1990), págs. 257 a 281.

[130] Jacobs y otros, op. cit. (1992), pág. 383.

[131] Drewry y Morris, op. cit. (1992).

[132] Sugden, D.J., op. cit. (1991), pág. 113.

[133] Stark, P. "Climatic warming in the central Antarctic Peninsula area", Weather, vol. 49 (1994).

[134] King, J.C. "Recent climate variability in the vicinity of the Antarctic Peninsula", International Journal of Climatology, vol. 14 (1994).

[135] Vaughan y Doake, op. cit. (1996), pág. 328.

[136] Rott y otros, op. cit. (1996), pág. 788.

[137] Huybrechts, op. cit. (1992).