

### 1.3 CONSECUENCIAS DEL TURISMO ANTÁRTICO

El impacto real o potencial del turismo en el medio ambiente antártico ha sido debatido extensamente. En 1991, IUCN reconocía en su informe *A Strategy for Antarctica Conservation* que la experiencia hasta el momento sugería que la actividad turística había sido desarrollada de una manera responsable, sin provocar impactos severos, especialmente si lo comparamos con las actividades logísticas asociadas a la labor científica antártica. Sin embargo, son escasos los datos cuantitativos disponibles para respaldar tales afirmaciones. Si consideramos que el turismo se concentra en el verano austral (noviembre a febrero), coincidiendo con el período de cría de multitud de especies autóctonas (Mason & Legg 1999), vemos que probablemente es una de las actividades con mayor capacidad de generar impactos acumulativos en la Antártida. Esta problemática es todavía mayor en las islas subantárticas, donde el grado de especialización de la flora y la fauna es muy elevado, haciéndolas extremadamente susceptibles a las alteraciones, sobre todo las de origen antrópico (Hall 1993; Cessford & Dingwall 1994). Por otro lado, la baja resiliencia de los ecosistemas antárticos complica mucho la mitigación de los impactos ambientales.

Hasta hace relativamente poco tiempo, el efecto de la industria turística sobre la Antártida ha sido insignificante si se compara con el generado por las bases permanentes y estaciones de verano, la explotación pesquera o, incluso, con la amenaza potencial de las compañías mineras y petroleras (Hall 1993; Tejedó 2006). Por ejemplo, Headland (1994) estimó basándose en la presencia en días que el turismo contribuye en menos de un 1% al impacto de humano sobre la Antártida, correspondiendo el resto a los científicos y al personal de las estaciones (en la actualidad, este dato se ha elevado al 5%). Law (1989) propuso un argumento parecido, pero basándose esta vez en el territorio utilizado por el turismo, el cual representa menos del 0,005 % de los 13.9 millones de Km<sup>2</sup> de la Antártida. Considerando únicamente los oasis antárticos, los cuales concentran las visitas, esta superficie no llegaría al 0,25 % de los aproximadamente 284.000 Km<sup>2</sup> que quedan libres de hielo en el verano austral. Estos datos nos indican que la mayor parte de la Antártida no está destinada a fines turísticos. Bauer (2001) señala un tercer aspecto que puede ser importante a la hora de poner en perspectiva los impactos del turismo comercial antártico. Se trata de la abundancia relativa de especies de pingüinos y focas que habitan en el continente blanco, los cuales son el principal objetivo de los desembarcos y de las expediciones turísticas a tierra. Como vemos en la Tabla 5, estas cifras son bastante elevadas, por lo que existen numerosas colonias y no todas son visitadas por los turistas.

**Tabla 5.** Efectivos poblacionales de las principales especies antárticas presentes en los oasis costeros.

	Especie	Parejas reproductoras
Pingüino rey	<i>Aptenodytes patagonicus</i>	1.07 millones
Pingüino emperador	<i>Aptenodytes forsteri</i>	195.000
Pingüino de Adelia	<i>Pygoscelis adeliae</i>	2.47 millones
Pingüino barbijo	<i>Pygoscelis antarctica</i>	7.49 millones
Pingüino juanito	<i>Pygoscelis papua</i>	314.000
Pingüino de penacho amarillo	<i>Eudyptes crestatus</i>	3.68 millones
Pingüino macaroni	<i>Eudyptes chrysolophus</i>	11.8 millones
Foca de Weddell	<i>Leptonychotes Weddelli</i>	250.000-800.000
Foca de Ross	<i>Ommatophoca rossii</i>	200.000
Foca cangrejera	<i>Lobodon carcinophagus</i>	30-70 millones
Foca leopardo	<i>Hydrurga leptonyx</i>	200.000-440.000
Elefante marino	<i>Mirounga leonina</i>	600.000
Lobo marino antártico	<i>Arctocephalus gazella</i>	2 millones

Fuente: Woehler & Croxall 1996.

Pero esta situación está cambiando, ya que el turismo se relaciona con otras problemáticas antárticas como el agujero de la capa de ozono, el calentamiento global o la introducción de especies exóticas. Se espera que se produzcan sinergias negativas entre estas amenazas que incrementarán los impactos debidos al turismo en los próximos años. Las cifras de turistas siguen creciendo, por lo que se abre un mundo de nuevos posibles impactos, derivados directa o indirectamente de la actividad turística, ante los cuales la comunidad científica debe estar preparada.

Con el aumento de los niveles de la actividad turística, la contribución relativa del turismo a la huella de la actividad humana en la región aumenta demasiado. Los riesgos ambientales derivados de las operaciones turísticas no son todavía bien conocidos, a pesar de que la industria afirma que varias décadas de actividad no han producido un impacto significativo, posiblemente porque los cambios sean más sutiles de lo que podemos detectar. Bajo estas circunstancias, es necesario aplicar el principio de precaución, ya que la incertidumbre científica no debería ser un motivo para retrasar la aplicación de medidas para prevenir los daños al medio ambiente, siempre y cuando el peso de la evidencia sugiere acción es adecuado (Draper & Reed 2005) y en espera de que se conozca mejor el alcance ambiental del turismo comercial. Muchas veces se piensa que las crecientes cifras de visitantes es el principal impacto, pero existen muchos impactos puntuales que son ajenos a los números totales y que serán revisados en este apartado.

**Tabla 6.** Impactos del Turismo Comercial Antártico.

---

**Impactos positivos:**

- Conservación de áreas naturales destacadas y lugares de interés arqueológico e histórico.
- Mejora y seguimiento de la calidad ambiental del entorno.
- Incremento de la sensibilización ambiental; los visitantes obtienen una mayor comprensión de la importancia de la Antártida dentro de un contexto global y se convierten en *Embajadores antárticos* (Maher *et al.* 2003).
- El turismo sirve de puente entre las actividades científicas antárticas y el mundo exterior, lo cual se traduce en un mayor apoyo político para la Ciencia Antártica.
- Los turistas aportan ingresos que sirven para financiar la investigación llevada a cabo en la Antártida.

---

**Impactos negativos:**

- Contaminación de las aguas, del aire, visual y sonora.
- Retirada y eliminación de residuos.
- Riesgos ambientales debido a los potenciales accidentes con elevados costes de limpieza.
- Molestias a la fauna silvestre en los lugares de cría, lo cual incrementa el abandono de huevos y pollos y facilita la acción de los depredadores.
- Daños directos a la fauna silvestre. Por ejemplo, el crucero Akademik Sergei Vavilov chocó con una ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) el 1 de febrero de 2001, aunque el preceptivo informe del incidente refleja que la ballena sobrevivió.
- Introducción de especies exóticas: microbios, plantas y animales. Estos organismos pueden convertirse en especies invasoras por los cambios inducidos por el calentamiento global.
- Pisoteo de la vegetación: se estiman tiempos de recuperación para ciertos musgos antárticos que superan los 200 años.
- Deterioro del componente abiótico por la generación de sendas, compactación de suelos e incremento de procesos erosivos en los pobres y escasos suelos antárticos.
- Competencia por el uso del territorio: interrupción de rutinas en las estaciones y en los programas de investigación.
- Recolección de souvenirs: búsqueda de recuerdos y coleccionismo.
- Daños a sitios históricos.

---

Fuentes: reelaborado a partir de Reich 1979, IUCN 1991, Inskeep 1991, Mason & Legg 1999, Kriwoken & Rootes 2000, Bauer 2001, Hofman & Jatko 2001.

## ACCIDENTES MARÍTIMOS DE CRUCEROS TURÍSTICOS ANTÁRTICOS EN LA ÚLTIMA DÉCADA

El crucero *Clipper Adventure*, con bandera de Bahamas, se encontraba en enero de 2000 navegando entre las Islas Belgrano y Liard cuando un cambio en la orientación del viento arrastró unas placas de hielo a la deriva que lo atraparon. El rompehielos *Alteirizar*, que se encontraba en la zona realizando tareas de demarcación náutica con boyas cerca de la Base Almirante Brown, acudió en su ayuda con objeto de liberarlo.



El crucero *Akademik Sergei Vavilov* choca el 1 de febrero de 2001 con una ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) durante un crucero antártico, aunque este incidente no tuvo consecuencias ni para la embarcación ni para el animal.

Encallamiento del buque *Luybov Orlova* en la Isla Decepción el 15 de noviembre de 2006. La petición de rescate fue realizada 15 horas después del incidente.

El 31 de enero de 2007, el buque turístico noruego *MS Nordkapp* sufrió una avería en su casco al quedar encalado en Isla Decepción. Se produjo una pérdida de combustible y los 295 pasajeros y los 76 miembros de la tripulación tuvieron que ser rescatados por el *HMS Endurance*, un patrullero de la Armada Británica.



El *MS Explorer*, un crucero con bandera liberiana que fue pionero en la navegación con fines turísticos por las aguas del océano antártico, se hundió el 23 de noviembre de 2007 cerca de las Islas Shetland del Sur, en el Estrecho de Bransfield. Tras 38 años de servicio un objeto sumergido de origen desconocido (supuestamente, hielo) provocó una brecha de 25 x 10 cm en su casco que hizo necesario evacuar el buque. El *MS Nordnorge*, un buque noruego que se encontraba en la zona, acude en su ayuda y rescata a los pasajeros, los guías y la

tripulación (154 personas en total) tras 5 horas de espera a bordo de los botes salvavidas. La nave, que se encontraba realizando un tour de 19 días que seguía la ruta trazada por Ernest Shackleton a través del Paso de Drake, se hundió por completo 20 horas después del impacto. Aunque el buque contaba con doble casco y un sistema de compartimentos inundables y escotillas de seguridad que tendría que haber permitido solventar esta situación sin problemas, la existencia de algunos fallos estructurales no detectados anteriormente pudo ser la causa de que el agua anegara completamente la bodega. Los pasajeros y la tripulación fueron trasladados a la base chilena Frei Montalva (Isla Rey Jorge) desde donde fueron evacuados por un Hércules C-130 de la Fuerza Aérea Chilena en dos vuelos a Punta Arenas.



Imágenes: [www.cruiseshipportal.com](http://www.cruiseshipportal.com) y Reinhard Jahn (23/11/2007).

### 1.3.1 Turismo y ciencia antártica

El Tratado Antártico establece en su Artículo 1 que la principal razón por la que el hombre ha de estar presente en el continente blanco es la investigación. Hasta ahora, sólo una mínima parte de la extensa labor investigadora antártica se ha dedicado a analizar los efectos del turismo sobre los ecosistemas visitados, aunque según diferentes autores el impacto ambiental es el tema de investigación más importante asociado al turismo (Stewart *et al.* 2005). Abundan las revisiones descriptivas de los impactos producidos por los turistas (Bauer 2001), pero escasean los estudios dedicados a la valoración cuantitativa de los mismos, principalmente por dos razones: la ausencia, hasta hace relativamente poco tiempo, de estudios a largo plazo sobre el estado de las poblaciones de especies silvestres que pudieran utilizarse como indicadores del impacto de los turistas, y la incapacidad hasta el momento de diferenciar entre la variabilidad natural de las poblaciones silvestres y la variabilidad debida a la presencia humana. No obstante, esta tendencia está cambiando en los últimos años y comienzan a publicarse estudios cuantitativos a medio-largo plazo que están permitiendo avanzar en nuestro conocimiento de las consecuencias de la presencia de los turistas antárticos.

Al margen de los impactos de los visitantes sobre los ecosistemas antárticos, la literatura científica ha analizado las características de los modelos turísticos (evolución histórica de la oferta y demanda, motivaciones, conocimientos previos, actitudes y expectativas de los turistas, actividades desarrolladas, características demográficas), los efectos sobre el patrimonio cultural de la adquisición de recuerdos (Mason & Legg, 1999, señalaban que este problema se debía más a los investigadores que a los propios turistas) y los aspectos relativos a política-gestión del turismo (códigos de conducta y EIA de las actividades turísticas).

**Tabla 7.** Temas de investigación antártica actuales y emergentes.

Temas actuales de investigación	
Modelos turísticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comportamiento "on-site", motivaciones y actitudes</li> <li>▪ Demandas y limitaciones</li> <li>▪ Demografía del turismo</li> <li>▪ Turismo independiente</li> </ul>
Impactos del turismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conocimiento de los efectos del turismo sobre el ambiente</li> <li>▪ Respuesta de las comunidades polares y no-polares al turismo</li> <li>▪ Conflictos con otros colectivos (científicos, personal de las bases, población local)</li> <li>▪ Impacto económico del turismo en los principales puertos de entrada a la Antártida</li> </ul>
Gestión del turismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eficacia de la regulación del turismo</li> <li>▪ Relación entre la ciencia y el turismo</li> <li>▪ Operadores turísticos como gestores</li> </ul>
Desarrollo de la industria turística	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desarrollo sostenible del turismo</li> <li>▪ Cuestiones relacionadas con la provisión de productos y servicios al turismo</li> <li>▪ Acceso a lugares históricos y colonias costeras de interés</li> </ul>
Temas futuros de investigación	
Experiencia del turista	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Calidad de la experiencia del turista</li> <li>▪ Expectativas, conocimientos previos, experiencia y satisfacción</li> <li>▪ Comportamiento del turista tras su visita respecto a su papel como "embajador antártico"</li> <li>▪ Consecuencias del viaje para el turista</li> </ul>
Cambio Global e influencias a gran escala	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adaptaciones al cambio climático global e implicaciones para el turismo</li> <li>▪ Procesos globales y su influencia en el turismo: crisis económica, precio del combustible, etc.</li> </ul>

Fuente: adaptado de Mason & Legg 1999 y Stewart *et al.* 2005.

### **1.3.2 Impactos sobre la fauna y la flora terrestres**

La flora antártica es extremadamente frágil y sensible frente a la presencia humana debido a que está dominada por musgos y líquenes (Stonehouse 1993). Aunque los estudios científicos a este respecto desarrollados hasta el momento son escasos (Poland *et al.* 2003), ciertos experimentos, realizados en su mayoría en las islas subantárticas, han mostrado las consecuencias del pisoteo sobre la flora (Scott & Kirkpatrick 1994; de Leeuw 1994; Gremmen *et al.* 2003). Se genera una reducción de la vegetación en altura, de la cobertura total y la riqueza en las turberas y suelos minerales secos con vegetación dispersa, mientras que en las zonas con una cierta pendiente relativamente secas se observa además una proliferación de las plantas de menor porte. En las zonas con una cierta escorrentía superficial, el pisoteo incrementaba la turbidez, eliminaba parte de la vegetación y favorecía la ampliación de la huella de los senderos. Las investigaciones relativas de forma específica a los impactos de los visitantes son todavía más residuales, destacando el trabajo de Hansom & Gordon (1998), el cual fue uno de los primeros que se basó en experimentos complejos y no en meras observaciones anecdóticas. El *Antarctic Site Inventory Project* de la ONG Oceanites incluyó desde sus inicios en 1994 una serie de indicadores relativos a la vegetación, pero los resultados publicados hasta el momento no permiten identificar qué zonas sufren mayores impactos o cuál ha sido la evolución de los mismos a lo largo del tiempo.

Respecto a la fauna antártica, la mayoría de los estudios se han centrado en los pingüinos, dejando en un segundo plano al resto de aves marinas y mamíferos presentes en los oasis costeros. Existiría un tercer grupo incluso menos considerado que los anteriores compuesto por los mamíferos estrictamente marinos (ballenas y delfines). Las dos principales amenazas para estos últimos son la contaminación acústica debida a los equipos de sonar (Kremser *et al.* 2005) y el peligro de colisión con las embarcaciones recreativas (Caswell *et al.* 1999). Para minimizar estos riesgos, la IAATO propuso una serie de directrices en 2003 para sus operadores asociados que sirven de complemento a las sugerencias del Anexo II del Protocolo de Madrid. Esta guía no reemplaza la legislación nacional de cada país, sino que proporciona una serie de códigos de conducta adicionales que ayudan a reducir el peligro potencial de generar molestias a la fauna. Su ámbito de aplicación incluye todo tipo de embarcaciones, desde los cruceros de mayor calado hasta los kayaks individuales. Igualmente, ha de observarse en todo momento el *Convenio Internacional para Prevenir Colisiones en el Océano* de 1972. De forma complementaria, la IAATO elabora informes rutinarios en los que se informa sobre este tipo de accidentes, indicando la fecha, localización, especies y cruceros involucrados, velocidad de la embarcación en el momento del impacto, una breve descripción de lo sucedido, la suerte del animal y las fuentes de información. Suelen reportarse uno o, muy raramente, dos accidentes por campaña, fundamentalmente con ballenas jorobadas, sin que hasta el momento se haya provocado la muerte al ejemplar involucrado (Williams & Crosbie 2006). La Península Antártica es un área de alimentación crítica para esta especie, por lo que los ejemplares que se establecen en ciertas áreas muy frecuentadas por los turistas como son Bahía Paraíso, Caleta Cierva o el Canal Lemaire, pueden ser molestados de forma repetida por los cruceros, incrementándose el riesgo de colisión.

Respecto a las aves antárticas en general, existe una dificultad de partida que no puede ser olvidada: la sensibilidad a la presencia humana varían entre especies e incluso entre colonias. Por ejemplo, el pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) es muy tolerante a los visitantes, mientras que el pingüino de papúa (*Pygoscelis papua*) y el petrel gigante del sur (*Macroneptes giganteus*) son especialmente sensibles (Jouventin *et al.* 1984; Woehler *et al.* 2003, Pfeiffer & Peter 2004; Holmes 2007). También es importante conocer la biología de la especie. Por ejemplo, los pingüinos de pico rojo no mantienen lugares fijos de anidamiento, por lo que suelen cambiar de lugar sus nidos si se topan con

perturbaciones (Naveen 2003). Esto hace que sean una mala elección para estudios a largo plazo, ya que únicamente se pueden utilizar los datos totales del censo. Los pingüinos de Adelia y barbijo son mucho más fieles a sus lugares de nidificación y pingüineras, y no suelen abandonarlos ni siquiera cuando sufren un fracaso reproductivo en una temporada. Esto facilita la realización de investigaciones a largo plazo y el muestreo en campo (Naveen 2003). Otro factor que varía notablemente en cada caso es la distancia de huida. Se han desarrollado multitud de estudios en los últimos veinte años relativos a este parámetro (p.e. Copley & Shears 1999), permitiendo la elaboración de recomendaciones dirigidas tanto a los turistas como a los investigadores sobre la forma de proceder al aproximarse a las colonias (IAATO 2003; Pfeiffer & Peter 2004; Holmes *et al.* 2005; de Villiers *et al.* 2006). Algunos autores consideran insuficiente el margen de seguridad logrado a partir de esta medida y apuestan de forma complementaria por la limitación del número de turistas, de las zonas visitadas y del tiempo de permanencia (Giese 1996).

La presencia humana es un poderoso estímulo para una fauna adaptada principalmente a la vida en el océano y que no se ha enfrentado a la presencia de depredadores terrestres en sus colonias de cría, por lo que evolutivamente no han desarrollado mecanismos de huida eficaces. En el caso de los pingüinos, se ha documentado en diversos estudios estacionales a corto plazo una modificación a nivel individual de ciertos parámetros fisiológicos, etológicos y reproductivos (Culik *et al.* 1990; Culik & Wilson 1995; Giese 1996). Por ejemplo, los turistas son los supuestos responsables de los cambios observados en la distribución y abundancia de parejas reproductoras de pingüinos, y las molestias ocasionadas por las visitas parecen estar detrás de la reducción del éxito reproductor observado en ciertas colonias según Woehler *et al.* (1994) o Micol & Jouventin (2001). También se ha observado que las visitas pueden provocar el abandono temporal o permanente de huevos y pollos, los cuales quedan desprotegidos ante aves marinas oportunistas, como págalos o gaviotas. Fowler (1999) demostró que la mera presencia humana, sin captura o manipulación, es suficiente para resultar estresante a las crías del pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) que no están acostumbradas a ver seres humanos. El método seleccionado para identificar este cambio fueron los cambios en la hormona adrenocorticoesteroide. No obstante, al repetir el experimento en colonias de aves expuestas frecuentemente a los turistas observó que éstas no modificaban sus niveles hormonales frente a la presencia humana. Estos resultados parecen sugerir que las visitas turísticas deberían concentrarse en una pequeña parte de las colonias de cría, dejando el resto de la colonia libre de perturbación. Por otro lado, Regel & Putz (1997) apuntan que en el pingüino emperador (*Aptenodytes forsteri*), las molestias por la presencia humana pueden generar un aumento de la energía necesaria para mantener la temperatura corporal del 10% respecto a la energía diaria consumida en la época de muda. Nimon *et al.* (1996) utilizaron data loggers localizados en huevos artificiales para medir el ritmo cardíaco en *Pygoscelis papua*, detectando que la presencia de humanos incrementaba significativamente este parámetro.

Incluso demostrando que los pingüinos presentan cambios etológicos y fisiológicos ante la presencia de los humanos, no es sencillo relacionar estos hechos con una reducción significativa de los efectivos poblacionales, de la supervivencia de los juveniles o del éxito reproductor. Algunos estudios sugieren que el potencial efecto negativo del turismo y la investigación sobre las poblaciones de las especies antárticas puede ser desdeñable respecto al efecto debido a cambios a largo plazo debidos a otras variables ambientales como la disponibilidad de comida o de lugares de anidamiento, o el tamaño del hielo marino en las zonas de aprovisionamiento de la colonia (Fraser & Patterson 1997; Copley & Shears 1999; Harris 2001; Micol & Jouventin 2001; Carlini *et al.* 2007). Los estudios a medio y largo plazo realizados sugieren que el peso de las variables que actúan a escalas

temporales largas es mucho mayor que el de las molestias puntuales debidas al turismo. Por ejemplo, citan la actividad científica diaria en las bases, la cual incluye movimiento de camiones y helicópteros, puede ser mucho más perjudicial que visitas ocasionales de turistas a colonias remotas, al menos para los pingüinos y pequeños petreles (Micol & Jouventin 2001). Patterson *et al.* (2003) compararon las tendencias poblacionales a lo largo de varios años de colonias visitadas y no visitadas del pingüino de Adelia (*Pygoscelis adeliae*) en la Isla Torgensen. Esta investigación detectó que los factores primarios que controlan la dinámica poblacional de esta especie se relacionan con variables de la colonia y del área circundante: las colonias orientadas al sur disminuyeron en el período considerado en mayor medida que las orientadas al norte, mientras que las pequeñas se redujeron más rápido que las grandes. En ambos casos, el factor ambiental más importante fue la cantidad de nieve depositada, la cual determina la supervivencia de los pollos y los huevos. En cuanto al turismo, no se detectaron diferencias significativas en cuanto al tamaño poblacional o el éxito reproductivo entre colonias visitadas y las no visitadas. Cobley & Shears (1999) llegaron a la misma conclusión en un estudio a corto plazo en el rendimiento reproductivo del pingüino juanito (*Pygoscelis papua*) en la Isla Goudier. En todo caso, es necesario desarrollar nuevos estudios a largo plazo sobre las consecuencias de la presencia humana y utilizar protocolos de muestreo y parámetros comparables para facilitar la comparación de resultados a nivel poblacional. Estas investigaciones han de sustentar la selección de las zonas de visita utilizadas por los operadores turísticos, para lo cual es necesario determinar la distribución y abundancia de colonias reproductoras, la composición específica del lugar con objeto de detectar las especies más vulnerables o la presencia de aves depredadoras de nidos, la relación genética entre colonias y los períodos del ciclo reproductivo para conocer las épocas más críticas, entre otros parámetros.

Un factor que puede alterar igualmente el desarrollo de la fauna antártica es el ruido provocado por las aeronaves, tanto turísticas como militares. Los efectos de las operaciones aéreas en las proximidades de las colonias de aves antárticas fueron revisados por Harris (2001). Los impactos varían desde alteraciones insignificantes y puntuales (Burton & van den Hoff 2002) o cambios etológicos menores (Southwell 2005), a incrementos en el ritmo cardíaco y abandonos temporales de los nidos que se tradujeron en un aumento de la mortalidad de los huevos y pollos (Wilson *et al.* 1991), hasta abandonos permanentes de los nidos (Sladen & Leresche 1970) y episodios de pánico en masa que provocaron la muerte de miles de aves (Rounsevell & Binns 1991). Existen medidas para tratar de evitar estas situaciones: regulación de las alturas de vuelo permitidas (Harris 2001), delimitación de zonas en las que el aterrizaje o el sobrevuelo a baja altura está prohibido (esto sucede en varias ASPAs, tal y como reflejan sus correspondientes planes de gestión) o establecimiento de rutas aéreas que eviten las colonias más sensibles.

### **1.3.3 Bioinvasiones**

Las comunidades terrestres antárticas son pobres en especies y se caracterizan por la ausencia de muchos grupos taxonómicos (Peat *et al.* 2007). La biodiversidad y complejidad suele descender según se incrementa la latitud y la severidad de las condiciones climáticas (Clarke 2003; Peat *et al.* 2007). Estos ecosistemas muy simplificados son vulnerables a cambios en la distribución biogeográfica y la colonización por especies exóticas (Freckman & Virginia 1997; Convey 2003) debido a la existencia de nichos ecológicos vacíos, la ausencia de habilidades competitivas en las especies locales y la posibilidad de ser depredadas por los taxones invasores (Convey 1996; Frenot *et al.* 2005; Peck *et al.* 2006). Esta vulnerabilidad ha quedado demostrada en los procesos invasivos analizados en las islas subantárticas (Frenot *et al.* 2005; Peck *et al.* 2006), las cuales están más expuestas a las invasiones biológicas debido a que el clima no es tan extremo y a

que presentan una mayor accesibilidad desde los continentes cercanos. En la Antártida continental las especies exóticas no lo tienen tan fácil ya que deben estar preadaptadas evolutivamente a unas condiciones ambientales similares para poder establecerse exitosamente (Peat *et al.* 2007).

Las invasiones biológicas se concentran en los dos últimos dos siglos, coincidiendo con la presencia humana (Frenot *et al.* 2005). A lo largo de este tiempo, se han producido numerosas introducciones deliberadas o accidentales en las islas subantárticas, incluyendo ciertas especies de vertebrados para transporte, comida o como animales de compañía, algo que el Tratado Antártico prohíbe en la actualidad. Algunas introducciones biológicas fueron realizadas en los años 60 y 70 con fines científicos. Se hicieron estudios por ejemplo para saber qué plantas de regiones subantárticas, árticas y templadas estaban preadaptadas para sobrevivir a condiciones antárticas. Aunque las plantas del experimento desarrollado en la Isla Signy fueron eliminadas al término del mismo, no se contempló la eliminación de los microorganismos ni los invertebrados (Edwards 1980). Al menos un enquitreido (anélidos, lombriz) y un díptero se han establecido y se dispersan lentamente, ambos detritívoros (Convey & Block 1996). Los vectores de entrada de especies incluyen la carga, la comida, la ropa y la gente en sí misma (Sjoling & Cowan 2000; Frenot *et al.* 2005). Whiman *et al.* (2005) inspeccionaron tanto la carga, como los alimentos y a los propios expedicionarios del Programa Antártico Australiano que se encontraban en tránsito a las islas subantárticas para determinar su potencial como vectores de las especies exóticas. En todos los tipos de carga se encontraron elementos con el potencial de actuar como vectores en la introducción de especies exóticas. En los contenedores de carga analizados en los almacenes de tránsito del puerto se encontró material vegetal, semillas y telarañas. También se detectaron numerosas especies adheridas al casco de los buques utilizados para el reabastecimiento de las expediciones, lo cual representa una posible vía para la introducción de taxones marinos. Entre otras, se detectaron algas del género *Ulva*, percebes, diferentes crustáceos, estrellas de mar, mejillones y cangrejos (Lewis *et al.* 2003, obtuvo similares resultados en un experimento parecido). En cuanto a los alimentos frescos para las estaciones subantárticas, pudo comprobarse que transportaban insectos, hongos y cantidades significativas de suelo. Entre el equipo identificado como de alto riesgo se incluyen las maletas de los investigadores, los paquetes de carga, los dobladillos y el velero de las zonas exteriores de las prendas de vestir. Muchos expedicionarios habían viajado al extranjero en los seis meses anteriores al embarque, visitando zonas de montaña como los Alpes de Nueva Zelanda u otras zonas polares. De la ropa y el equipo de 64 científicos, se obtuvieron un total de 981 propágulos y cinco brotes de musgo. Se identificaron 90 especies de 15 familias diferentes, con un claro dominio de las herbáceas de las familias *Asteraceae* y *Poaceae*. En ensayos de germinación, un total de 163 plantas de 24 especies fueron identificadas, 17 de las cuales no estaban presentes anteriormente en las islas subantárticas. A partir de los resultados de este estudio se introdujeron una serie de medidas destinadas a minimizar la amenaza de la introducción de especies invasoras en similares circunstancias, lográndose una reducción significativa en el número de organismos exóticos registrados en inspecciones posteriores.

Se han detectado aproximadamente 200 especies exóticas en las islas subantárticas, la mayoría de las cuales corresponden a invertebrados, aunque hay sitios que todavía no han sido prospectados y es posible que otras muchas especies que residen en las bases antárticas no hayan sido catalogadas hasta el momento. No hay datos de los microorganismos, ya que aunque son los más habituales, son difíciles de detectar y virtualmente imposibles de corregir. Son inevitables con la presencia humana y acompañan al hombre desde que llegó a la Antártida. Por otro lado, se desconoce la relación entre los organismos que son ubicuitas y los endemismos locales. La única vía de control es evitar las invasiones mediante



protocolos de limpieza de los materiales y personas que son transportados a la región. Además, es imposible evitar la dispersión aérea o a través de animales que actúan como vectores de propagación. Un caso curioso es el de la especie *Poa annua* en la Isla Heard, donde únicamente prolifera en las zonas que han sido alteradas por la expansión de las colonias de focas (Scott & Kirkpatrick 2005). Esto se debe a que la altura media de la vegetación disminuye por el tránsito de las focas, permitiendo la proliferación de *Poa annua*.

En la Antártida Marítima existen 5 especies exóticas probadas, aunque hasta el momento no hay evidencias de que ninguna se haya convertido en invasora. Todas están presentes en las cercanías de las estaciones científicas. Las herbáceas *Poa annua*, *P. pratensis* y *P. trivialis* aparecen en las estaciones Arctowski (Isla Rey Jorge), Primavera (Caleta Cierva, Península Antártica) y Syowa (Costa Continental Antártica), respectivamente. Las otras dos especies corresponden a invertebrados introducidos accidentalmente en la estación británica de la Isla Signy (Islas Orkney del Sur) durante los años 60 al realizar experimentos de adaptación con diferentes especies de plantas. Se trata de un gusano enquitreido, *Christensenidrilus blocki*, y una mosca quironómida, *Eretmoptera murphyi*, ambos procedentes de la Isla de Georgia del Sur. Existen otras citas sobre colémbolos exóticos en la Antártida marítima, aunque no se ha confirmado el estatus actual de estas poblaciones. Las tres especies identificadas hasta ahora son *Hypogastrura viatica*, especie que se ha convertido en una invasora en algunas islas subantárticas como Georgia del Sur y Macquarie (Frenot *et al.* 2005), *Folsomia candida* y *Protaphorura* sp., las cuales han sido observadas en Isla Decepción (Greenslade & Wise 1984). En estas introducciones no ha intervenido la industria turística.

**Tabla 8.** Especies no indígenas introducidas en diferentes áreas antárticas.

<b>Taxones</b>	<b>Islas Subantárticas</b>	<b>Antártida Marítima</b>
Dicotiledóneas	62	0
Monocotiledóneas	45	3
Pteridofitas	1	0
<b>Total de plantas no indígenas</b>	<b>108</b>	<b>3</b>
Invertebrados	72	2
Vertebrados	16	0
<b>Total de animales no indígenas</b>	<b>88</b>	<b>2</b>

Fuente: Frenot *et al.* 2005, 2007.

Otra amenaza que ha de ser considerada es la introducción de especies exóticas a través de las aguas de lastre (Lewis *et al.* 2003; Frenot *et al.*, 2005; COMNAP & IAATO 2005). Muchas especies marinas poseen una fase planctónica que es potencialmente transportable por esta vía. Además, algunos organismos adultos pueden sobrevivir durante un tiempo en los tanques. Una variable fundamental que domina el proceso es el tiempo de permanencia en los tanques, ya que están en condiciones de ausencia de luz, no se puede producir el intercambio gaseoso, no hay aportes de nutrientes, y existen cambios en la salinidad, entre otros factores. Se desconoce el tiempo máximo de supervivencia de muchas especies en estas condiciones. Aunque 100 días puede considerarse un tiempo prudencial para la eliminación de la mayoría de las especies, existen organismos como los dinoflagelados que pueden superar ampliamente este plazo. Donde sea posible, se recomienda cambiar el agua de lastre lo más lejos de la costa, al menos a 200 millas náuticas. Otras opciones que se están analizando incluyen la aplicación de tratamientos físicos como los filtros, calor, corrientes eléctricas, esterilización por ozono o la irradiación con UV, o químicos como los biocidas, e incluso

combinaciones de ambos. La IMO (*International Maritime Organization*) ha desarrollado una serie de directrices en este sentido (IMO 1998) que pueden ser de ayuda en el caso Antártico. Entre otras cuestiones, se incluye la necesidad de implementar planes de gestión de las aguas de lastre, realizar informes periódicos de las operaciones de carga y descarga de agua, así como gestionar en puerto las aguas de lastre retiradas de los barcos. Otra forma de introducción de especies exóticas relacionada con la actividad de los cruceros turísticos es fauna y flora bentónica de los cascos de las embarcaciones. Un ejemplo sería el alga verde exótica *Enteromorpha intestinalis*, la cual se ha establecido en la zona intertidal de la Isla Media Luna tras llegar adherida a los cascos de los cruceros turísticos (Clayton *et al.* 1997).

**Tabla 9.** Principales taxones exóticos detectados en la Antártida.

	Taxones más comunes	Características destacadas
<b>Plantas</b>	<i>Poaceae</i> (39 especies) <i>Asteraceae</i> (20 especies) <i>Brassicaceae</i> (8 especies) <i>Juncaceae</i> (7 especies)	75% son perennes 65% de las especies efímeras son anuales o bianuales
<b>Invertebrados</b>	<i>Diptera</i> <i>Hemiptera</i> <i>Coleoptera</i> <i>Hyas araneus</i> (Cangrejo araña del Atlántico Norte) <sup>1</sup>	Muchos se reproducen por partenogénesis
<b>Vertebrados</b>	Peces: trucha <sup>2</sup> Mamíferos: reno <sup>2</sup> , oveja <sup>2</sup> , gato <sup>2</sup> , conejo <sup>2</sup> , rata <sup>3</sup> , ratón <sup>3</sup>	
<b>Enfermedades y microorganismos</b>	Paramyxovirus aviar Enfermedad de Newcastle <i>Salmonella</i> sp. Enfermedad de Lyme Spirochete ( <i>Borrelia burgdorferi</i> ) Virus del mosaico Stilbocarpa Bacilliform <sup>4</sup>	

1: primera introducción marina registrada (Tavares y De Melo 2004).

2: especie introducida deliberadamente.

3: especie introducida accidentalmente.

4: primer virus registrado en plantas subantárticas (Skotnicki *et al.* 2003).

Fuente: elaboración propia.

En relación al turismo, hay cuatro aspectos que están muy relacionados con el peligro de bioinvasiones: a) gran atracción por aquellos lugares en los que se da una diversidad media-alta; b) la intensidad del turismo está aumentando (desembarcos, número de visitantes, cruceros); c) los sitios más populares cambian a lo largo del tiempo, y; d) las actividades turísticas se están diversificando. Los cambios climáticos también pueden favorecer este proceso; se está produciendo un calentamiento de esta zona que ha provocado un cambio en el patrón de precipitaciones y un retroceso de los glaciares en su zona de contacto con el océano. La disponibilidad de agua en los ecosistemas terrestres es distinta. El aumento de la temperatura conlleva una mayor área libre de hielo durante la estación estival. Esto incrementa las zonas que pueden visitarse y la duración de la campaña de verano. Los organismos introducidos por los visitantes tienen cada vez mayores posibilidades de aclimatación. Para evitar todos estos problemas es necesario desarrollar protocolos que minimicen el riesgo de bioinvasiones tanto procedentes del turismo como de los propios investigadores. La IAATO propuso en 2001 unas directrices básicas para evitar el riesgo de bioinvasiones, considerando cuatro fases: información del turista en la preparación del viaje, recordatorio antes de desembarcar, normas de actuación durante la estancia en tierra y tras el desembarco. Igualmente es necesario planificar la logística de los desplazamientos

de turistas y científicos para evitar la introducción de propágulos en zonas prístinas, limitar las zonas que pueden ser visitadas, esterilización de equipos y materiales de alto riesgo de forma previa a su envío a la Antártida, prohibir el cultivo de materiales biológicos en las estaciones científicas, medidas estrictas para evitar la presencia de roedores en los buques y aviones, así como evitar que los cruceros se conviertan en medios de dispersión de especies exóticas. Hay que considerar que la prevención es mucho más eficaz que la mitigación, particularmente para microbios e invertebrados. También es necesario desarrollar lo antes posible programas de seguimiento a largo plazo para identificar futuras bioinvasiones, analizar la evolución de las especies ya establecidas y valorar la eficacia de las medidas de mitigación adoptadas.

#### **1.3.4 Contaminación fecal y por patógenos**

La actividad turística incrementa el peligro de translocación de agentes patógenos entre diferentes colonias a través de los propios visitantes (Anderson 1998, citado en Curry *et al.* 2005). Los operadores antárticos han desarrollado directrices para la descontaminación de la ropa y las botas de los turistas similares a las que establecen los gobiernos de Australia y Nueva Zelanda para protegerse de las invasiones biológicas. Un equipo de investigación testó la eficacia de los procedimientos establecidos por la IAATO durante la campaña de verano 2000/01 (Curry *et al.* 2001). Las muestras se recolectaron tras la visita a las pingüineras, en las que inevitablemente el guano termina acumulándose en las botas. La toma se realizó tanto antes del desembarco, para determinar el nivel base de bacterias en las botas, como inmediatamente tras la vuelta al barco para determinar el nivel de contaminación y tras proceder a limpiar el calzado con agua de mar y medios mecánicos para determinar la eficacia del procedimiento. El análisis mostró que el procedimiento es insuficiente para prevenir la translocación de patógenos entre colonias y que son necesarias nuevas metodologías para mejorar la descontaminación. Este equipo testó diferentes agentes desinfectantes para seleccionar aquel que cumpliera mejor los requisitos de un buen producto para la Antártida: que fuera ampliamente usado y aceptado, efectivo en agua de mar a bajas temperaturas, biodegradable, fácil de manejar y barato. Este estudio identificó el agente Virkon-S, producido por *Antec International*, como el más adecuado, aunque en la actualidad existen otros biocidas de similares características igualmente eficaces.

Otros autores señalan que existen posibilidades incluso más preocupantes como la activación de contaminaciones biológicas del pasado que hayan sobrevivido en formas resistentes y que puedan favorecerse del incremento de las temperaturas en la Antártida marítima (Hughes 2003). En este sentido, se han identificado cepas resistentes que pueden sobrevivir largos periodos de tiempo, superiores a 40 años, en el agua marina o en los sedimentos, como *Clostridium perfringens* o *Bacillus* sp. (Hughes & Nobbs 2004). Afortunadamente, otros microorganismos como los coniformes fecales son vulnerables a la radiación ultravioleta y la desecación (Hughes 2003), por lo que no suponen un riesgo. El peligro de estos agentes es que pueden ser los responsables de episodios de mortalidad masiva en aves y focas, por lo que es posible que este tipo de episodios se incrementen en el futuro (Curry *et al.* 2005). Un ejemplo del papel que pueden tener los organismos patógenos en el desarrollo de procesos infectivos en pingüinos es el aislamiento de la bacteria *Pasteurella multocida* a partir de cadáveres de pingüinos de penacho amarillo (*Eudyptes chrysocome*) de la isla subantártica Campbell. Este patógeno se ha observado en ocasiones posteriores (de Lisle *et al.* 1990), y podría estar detrás de algunas mortalidades en masa observadas en la Antártida. Otro ejemplo es una enfermedad similar a la del virus de la puffinosis que fue detectada en los pingüinos de la Isla Signy, donde se encontraron varios centenares de pollos muertos (MacDonald & Conroy 1971). Un caso de mortalidad en masa de 1972 que implicó alrededor del 65% de los pollos del pingüino de Adelia de Low Tongue, cerca de la

estación Mawson, tuvo las características de una epizootia, pero no se llevó a cabo la microbiología (Kerry *et al.* 1995). Del mismo modo, ha habido un pequeño número de eventos de mortalidad en masa en skuas y focas, pero no hay ninguna causa identificada (Laws & Taylor 1957). Otros agentes, como *Brucella melitensis* en pingüinos, han sido ya identificados, aunque es cierto que otras poblaciones están mucho más expuestas en ciertas áreas de Sudamérica, por lo que las rutas de infección pueden existir ya al margen de la actividad de los turistas.

Algunos autores sostienen que los cruceros turísticos podrían realizar una labor positiva para evitar ese tipo de situaciones, o al menos para su detección temprana, actuando como unidades de alerta rápida ante acontecimientos de mortalidades masivas en colonias costeras, ya que acceden repetidamente a las mismas zonas a lo largo de una campaña, sobre todo en la Península Antártica y, en mucha menor medida, en el área del Mar de Ross (Curry *et al.* 2005). Este tipo de episodios no son observados frecuentemente en la Antártida, sobre todo debido a la inaccesibilidad del área, por lo que es importante que los operadores turísticos actúen como observadores científicos en casos similares e informen con premura al SCAR para que se realicen las oportunas investigaciones.

#### **1.3.5. Impactos sobre el suelo**

Una mínima actividad humana es capaz de alterar los frágiles y escasos suelos antárticos (Tejedo *et al.* 2005). Aunque algunos investigadores se han centrado en los efectos de la presencia de las bases antárticas (Freckman & Virginia 1998; Sjolting & Cowan 2000), otros han descrito las alteraciones físicas, químicas y biológicas de este compartimento ambiental debido a las actividades turísticas. Por ejemplo, la ASOC desarrolló en 2003 un estudio en la zona infralitoral de Isla Decepción para determinar el contenido en hidrocarburos de los sedimentos costeros. Las 37 muestras recolectadas fueron analizadas en el laboratorio INQUIMAE de la Universidad de Buenos Aires (Argentina). Se detectaron diferencias significativas entre las zonas visitadas y los puntos de control, obteniéndose una buena correlación entre el nivel de hidrocarburos y la intensidad de uso turístico. Las mayores concentraciones, 10 veces superiores a los niveles de fondo, se localizaban en la parte este y norte de Puerto Foster, donde se concentran la mayoría de las operaciones turísticas (ASOC 2003a). En cuanto los cambios físicos, destacan las observaciones de Campbell *et al.* (1998), los cuales comprobaron en la Antártida continental (Dry Valleys y MacMurdo Sound) cómo las alteraciones físicas provocadas sobre suelos de textura arenosa por senderos utilizados en menos de 20 ocasiones se mantenían durante más de 30 años. Estudios a medio plazo más completos han sido desarrollados por nuestro propio equipo de investigación en la Península Byers (Isla Livingstone). Tras cinco campañas antárticas, hemos comprobado experimentalmente y en situaciones reales que un uso ocasional o muy limitado es suficiente para provocar cambios significativos en los primeros centímetros del suelo antártico, tanto a nivel de variables físicas como la resistencia a la compresión, como en parámetros biológicos entre los que destaca la abundancia de colémbolos, un importante grupo de detritívoros responsable del reciclado de nutrientes en unos suelos muy pobres en materia orgánica. Complementariamente, se ha comprobado que la resiliencia de los suelos antárticos estudiados es muy baja, por lo que cualquier alteración permanece durante períodos de tiempo elevados (para más detalles ver Tejedo *et al.* 2005).

#### **1.3.6. Otros impactos**

Al margen de las alteraciones anteriormente comentadas, existen otras que han recibido una menor atención en la literatura científica o que no han sido analizadas hasta el momento. Destaca en este sentido el riesgo derivado de los derrames masivos de combustible como consecuencia de los accidentes marítimos, los cuales pueden causar una auténtica catástrofe ecológica si se producen en las proximidades de ciertas localizaciones de extrema fragilidad. El incidente más

importante registrado hasta el momento corresponde al hundimiento del Bahía Paraíso (Karl 1992; Janiot *et al.* 2003), el cual provocó el vertido de 600.000 litros de petróleo en el Puerto Arthur. Otro accidente de gran envergadura se produjo en 1989, cuando 260.000 litros fueron vertidos sobre la plataforma de hielo del Mar de Ross procedentes del campamento Williams, a 13 km de la estación McMurdo (Wilkness 1990). La limpieza posterior permitió recuperar 100.000 litros de combustible, mientras que el resto quedó en el hielo y terminó llegando al mar. Afortunadamente, actualmente los derrames a gran escala en el medio ambiente antártico terrestre son escasos. No obstante, en los campamentos turísticos situados en tierra se producen en ocasiones derrames de tamaño medio o pequeño (Hughes & Stallwood 2006<sup>1</sup>), por lo que el incremento de las necesidades energéticas para dar servicio a los números crecientes de turistas puede hacer que estos incidentes sean más comunes en un futuro próximo.

Otros impactos citados en la bibliografía existente son la interrupción de la rutina de las bases y el trabajo científico (Bauer 2001), el deterioro de los lugares de interés histórico (Hughes & Davis 1995), las contaminaciones difusas derivadas de los residuos de los propios cruceros antárticos (Erize 1987) o la ecotoxicidad producida por las pinturas con biocidas utilizadas en las embarcaciones para proteger el casco de los organismos bentónicos marinos (Lewis *et al.* 2004).

### **1.3.6. Análisis DAFO de la investigación antártica relativa a los impactos ambientales del turismo**

La exhaustiva revisión bibliográfica realizada permite identificar con facilidad las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la investigación antártica dedicada a conocer los impactos generados a partir del turismo comercial antártico.

#### **Debilidades:**

- Todavía no hay evidencias para establecer causalidad entre el desarrollo de actividades turísticas y la generación de impactos en el conjunto del ecosistema antártico. Si se detectan cambios, es complicado diferenciar entre los efectos del turismo y otras variables como el cambio climático, la disponibilidad de alimento, la casuística de la reproducción o el territorio de cría disponible. No es posible discriminar la variabilidad espacial y temporal natural de las poblaciones de los efectos debidos al turismo antártico (Fraser & Patterson 1997).
- Esta falta de resultados apoya la visión tradicional de algunos autores (Dann *et al.* 1988) que consideran que la investigación sobre el turismo polar tiende a generar discursos teóricos sin fundamento empírico que los respalde, ensayos descriptivos que recopilan impresiones personales y anécdotas, así como análisis de datos carentes de un contexto teórico.
- Es prioritario conocer el contexto ecológico de las especies de aves marinas y mamíferos seleccionadas como indicadoras, tanto a nivel del territorio de cría (terrestre) como del de alimentación (marino), sobre todo en lo referido a los componentes ambientales que controlan sus parámetros poblacionales.
- Hay variables físico-químicas de los ecosistemas que no han sido consideradas hasta ahora y que pueden resultar fundamentales para comprender la evolución de los ecosistemas: cobertura de hielo, temperaturas, horas de insolación, etc. (Fraser & Patterson 1997). Las zonas de muestreo también deben ser cuidadosamente seleccionadas para minimizar los posibles efectos de ciertas variables ambientales que introducen sesgos: orientación, edad de la colonia, presencia de depredadores oportunistas como las gaviotas, etc.

---

<sup>1</sup> Estos autores proponen una serie de estrategias de biorremediación adaptadas al ambiente polar.

- Los códigos de conducta, los protocolos de actuación y las evaluaciones de impacto ambiental son importantes para evitar los impactos del turismo comercial, pero pueden resultar insuficientes para garantizar la adecuada protección de los ecosistemas antárticos. Es imprescindible realizar un seguimiento de las colonias visitadas mediante indicadores contrastados (Hofman & Jatko 2001).

#### **Amenazas:**

- Los turistas quieren visitar lugares con alta/media diversidad de especies y alta/moderada sensibilidad a los trastornos ambientales (Naveen 2005), lo cual aumenta la problemática del turismo antártico.
- Se ha demostrado que una mínima actividad humana es capaz de alterar los frágiles y escasos suelos antárticos (Tejedo *et al.* 2005). En cuanto a la fauna, hay estudios que demuestran que existe relación entre un cierto nivel de turismo y la disminución del éxito reproductivo de ciertas poblaciones (Woehler *et al.* 1994; Micol & Jouventin 2001). Al igual que otras investigaciones no han identificado diferencias significativas en cuanto a este y otros parámetros de impacto entre colonias visitadas y no visitadas (Fraser & Patterson 1997; Cogley & Shears 1999; Micol & Jouventin 2001; Carlini *et al.* 2007). La variabilidad de la respuesta de las poblaciones silvestres es elevada; incluso diferentes colonias de la misma especie pueden presentar diferentes grados de alteración ante la presencia de turistas.
- En un futuro inmediato pueden aparecer nuevas problemáticas o incrementarse otras que hasta ahora estaban bajo control (calentamiento global, especies exóticas, patógenos). Las primeras voces de alarma ya se están dando (Hughes & Nobbs 2004), ya que preocupan entre la comunidad científica las posibles sinergias entre los impactos y los efectos acumulativos.
- Al no existir un gobierno legítimo en la Antártida, los impactos de los turistas muchas veces no son considerados de una forma adecuada. Pueden conllevar un riesgo inaceptable para un entorno supuestamente salvaguardado de manera legal por múltiples tratados internacionales. No existe una política territorial efectiva a escala regional ni local, en la que participen todos los agentes implicados: los gestores y planificadores (CPMA, COMNAP, ATCM, etc.), los científicos (SCAR, IUCN), los operadores turísticos (IAATO, ASOC) y las ONGs (Oceanites, etc.). Por todo ello, se ha de aplicar el Principio de Precaución en lo relativo al turismo antártico (Scott 2001).

#### **Fortalezas:**

- Se empieza a contar en la actualidad con metodologías y protocolos consensuados para los programas de seguimiento de las poblaciones silvestres, como los propuestos por el *CCAMLR Ecosystem Monitoring Program*, que son aplicados por multitud de investigadores (Naveen 2003).
- Se han establecido qué especies pueden funcionar mejor como indicadoras del impacto de los turistas y se ha generado una base de conocimiento (información de referencia) para tratar de detectar impactos directos o acumulativos sobre ciertas poblaciones (Naveen 2003).
- Unos pocos equipos de investigación están trabajando con colonias de control para tratar de diferenciar los cambios debidos a los impactos de los visitantes de la variabilidad natural de los ecosistemas a través de estudios de correlación.

- Se comienzan a vislumbrar ciertas estrategias que pueden ayudar a minimizar los impactos ambientales del turismo y de las actividades no gubernamentales en la Península Antártica. Se demanda la limitación del número de turistas, de las zonas visitadas y del tiempo de permanencia, así como la presencia de observadores gubernamentales en los cruceros, el cierre temporal de ciertas localizaciones para favorecer su recuperación o la mejora de los protocolos de desinfección del equipo de los turistas para evitar bioinvasiones entre diferentes colonias costeras. Aunque todo ello es complicado en el contexto de una industria que está en plena expansión y que carece de una normativa vinculante para todos los operadores.
- Hay diferentes estudios a largo plazo que en la actualidad tratan de determinar en el entorno de la Península Antártica los efectos ambientales acumulativos del turismo comercial. Destacan los siguientes: a) el Inventario de Sitios Antárticos (*Antarctic Site Inventory*), que es llevado a cabo por la organización no-gubernamental Oceanites (Naveen 2003); b) el *Antarctic Marine Living Resources (AMLR) Research Program*, dependiente del Southwest Fisheries Science Center del *National Marine Fisheries Service* de Estados Unidos (NMFS) (); c) el *Palmer Station Long-Term Ecological Research (LTER) Program*, dependiente de la National Science Foundation (NSF) (Smith *et al.* 1995); d) los estudios sobre la evolución de las poblaciones de pingüinos de la Isla Torgersen, en el área de la Isla Rey Jorge próxima a la Estación Palmer, los cuales son patrocinados por la NSF y NMFS (Fraser & Patterson 1997); e) el *Project Antarctic Conservation 1990-2000*, el cual fue propuesto por el Scott Polar Research Institute de Reino Unido para estudiar el desarrollo, evolución y efectos ambientales del turismo (Stonehouse & Crosbie 1995).

#### **Oportunidades:**

- Se ha de construir nueva ciencia sobre las experiencias que se han demostrado exitosas a la hora de valorar los efectos de las visitas en las localizaciones de interés natural o cultural. Para la selección de las localizaciones destinadas al turismo se deben conocer los siguientes aspectos: la distribución y abundancia de colonias reproductoras, la composición específica del lugar (para detectar especies más vulnerables o la presencia de aves depredadoras de nidos), la relación genética entre colonias y los periodos del ciclo reproductivo (para conocer las épocas más críticas). Es necesario mejorar la información disponible sobre las visitas, incluyendo tiempos de estancia de los turistas y los intervalos entre diferentes grupos.
- Existen programas de seguimiento de los ecosistemas antárticos que han sido poco utilizados como fuente de conocimiento para construir el contexto ecológico de las poblaciones silvestres visitadas. En concreto, sería interesante comprobar si existe relación entre las tendencias poblacionales de ciertas especies indicadoras y los datos del CEMP (*CCAMLR Ecosystem Monitoring Program*, el cual analiza los efectos de la pesca en la cadena trófica antártica evaluando la disponibilidad de krill y la evolución de ciertos depredadores).
- Se deben desarrollar fórmulas administrativas para relacionar los resultados de las investigaciones con la gestión de la industria turística.
- Se abren nuevas posibilidades de estudio del impacto de la industria turística bajo la perspectiva de un aumento del calentamiento global para los próximos años. Desde el análisis de los costes y beneficios para los desplazamientos antárticos, hasta las adaptaciones que deberá realizar el sector.
- El *Año Polar Internacional 2007-2009* es una gran oportunidad para empezar a responder algunas de las cuestiones planteadas por la comunidad científica

respecto a los efectos del turismo comercial sobre los ecosistemas antárticos. Los interrogantes que deben ser abordados de forma prioritaria son las siguientes: ¿Qué actividades tienen efectos inaceptables? ¿Qué valores no deberían ser deteriorados por las actividades de los turistas? ¿Qué componentes del ecosistema pueden ser afectados? ¿Qué indicadores deben ser monitorizados? (SCAR/COMNAP 1996). Es necesario contar con un mayor conocimiento científico que guíe la toma de decisiones a nivel estratégico en el sector turístico

**Tabla 10.** Las dos últimas décadas de investigación han permitido generar una serie de principios orientadores para el seguimiento ambiental en el contexto antártico.

---

**Respecto al seguimiento:**

- Sólo es útil cuando está firmemente vinculado a una estrategia de gestión ambiental.
- No consiste en medir absolutamente todo en un intento al azar de detectar cambios.
- Debe estar dirigido a la medición de unas ciertas especies, procesos o factores claves cuidadosamente seleccionados en base al conocimiento científico y a criterios predeterminados.
- Una hipótesis genérica que puede ser válida para establecer los objetos de estudio del seguimiento ambiental es la siguiente: "toda aquella actividad que causa un deterioro inaceptable de valores o recursos naturales".
- Deben generarse en cada caso hipótesis específicas apropiadas para localizaciones, actividades, valores ambientales y problemáticas particulares.

---

**Respecto al diseño de programas de seguimiento:**

- Se ha de tener una cuestión de partida a partir de la cual generar hipótesis para su contraste a través de una selección de indicadores y parámetros. Será necesario crear modelos y aplicar pruebas estadísticas que permitan realizar una correcta interpretación de los resultados.
- Se realizarán controles, tanto espaciales como temporales, cuando sea preciso.
- Es conveniente establecer un diseño equilibrado (por ejemplo, esfuerzos de muestreo similares para cada impacto y campaña).
- Es preciso replicar los experimentos en localizaciones seleccionadas al azar.
- Se aconseja realizar ensayos preliminares (estudios piloto) para valorar las metodologías de muestreo. Se determinará si los procedimientos son eficientes, si son sensibles a sesgos, cuál es la variabilidad del error, el esfuerzo de muestreo, la variabilidad natural y si existen distribuciones parcheadas de la variable o parámetro a medir.
- Si las suposiciones de partida del análisis estadístico no se cumplen (y seguramente no lo harán), se transformarán las variables antes del análisis, usando métodos no-paramétricos, simulaciones o métodos aleatorios.
- Se han de aceptar los resultados aunque no sean los esperados, sin tratar de encontrar métodos estadísticos que nos proporcionen las respuestas que esperábamos encontrar.

---

**Respecto a las variables, estas deben:**

- Mostrar cambios más allá de los límites de detección.
- Estar relacionadas directamente con hipótesis que puedan ser contrastadas.
- Ser medibles por encima de la variabilidad natural (han de conocerse los niveles de fondo).
- Proporcionar información útil para que los gestores puedan tomar decisiones.
- Ser capaces de sostener la actividad de seguimiento.
- Ser medibles bajo limitaciones logísticas y temporales.
- Estar basadas en medidas in situ o en la toma de muestras que sean fácilmente transportables sin que sufran deterioro alguno.
- Ser sólidas; con una precisión y exactitud demostrables, así como replicables en otros lugares.

---

**Es también recomendable que los parámetros sean:**

- Medibles con un bajo coste, con procedimientos sencillos y estandarizados.
- Capaces de establecer una relación causal con una actividad o proceso en particular.
- Una medida directa del cambio en un factor o valor natural de interés.
- Capaces de permitir generalizaciones sobre los agentes causantes.
- Definibles en términos de límites a partir de los cuales los cambios son perjudiciales.
- Medibles sin entrar en conflicto con las actividades científicas.

---

Fuente: SCAR/COMNAP 1996.



## ANTARCTIC SITE INVENTORY PROJECT

Este proyecto, gestionado desde 1989 a 2004 por la ONG Oceanites, tenía como objetivo establecer una red de puntos de control que permitieran detectar, de una forma eficaz y económica, los cambios generados en las características físicas, la fauna y flora de la Península Antártica por el turismo basado en cruceros. Como meta secundaria, se pretendía determinar qué estrategias eran más adecuadas para minimizar estos impactos. En 103 lugares visitados, el Inventario recolectó de forma rutinaria:

- **Información básica del lugar:** descripciones de las características físicas y topográficas, latitud y longitud, distribución de la flora, enclaves foceros y colonias de pingüinos y aves marinas.
- **Información y datos variables:** clima y condiciones ambientales (extensión de hielo marino, cobertura de nieve, cobertura de nubes, temperatura, dirección y velocidad del viento), variables biológicas (número de nidos ocupados, número de pollos por nido ocupado, edades de los pollos) e impactos debidos a los visitantes observados (huellas en los senderos, colillas, botes de película y basura).
- **Mapas y fotodocumentación:** para retratar las condiciones de la zona y localizar las colonias y grupos de fauna y flora residente.



### Principales resultados:



- 82 descripciones de lugares visitados, disponibles en la dirección [www.oceanites.org](http://www.oceanites.org). Se incluyen las características básicas de cada área, la riqueza de especies y su sensibilidad a potenciales trastornos.
- Localización de zonas en las que se concentran los desembarcos en zodiac, analizando cómo se realizan (Naveen *et al.* 2001).

- Identificación de especies indicadoras (1 foca, 4 pingüinos, 10 aves marinas y 16 taxones de flora) y colonias de control con las que comparar la productividad de las zonas visitadas por turistas.

El Inventario permitió registrar un descenso significativo de los cormoranes de ojos azules en toda la Península Antártica, tanto en zonas visitadas como en aquellas no visitadas (Naveen *et al.* 2000). En lo relativo al impacto de la presencia de los turistas sobre el éxito reproductivo de los pingüinos, no se pudo establecer su importancia relativa frente a otras variables como las presas disponibles, el cambio climático o el territorio de cría disponible. No hubo diferencias significativas entre las colonias visitadas por turistas y las de control.



Los científicos del Inventario han sido testigos de las consecuencias del cambio climático a lo largo de sus más de 15 años de experiencia antártica. Muchas áreas costeras que tradicionalmente permanecían aisladas para los científicos por la presencia de glaciares, quedan ahora libres de hielo durante el verano. Por otro lado, se ha constatado que el retroceso del hielo marino durante el invierno austral ha afectado a la población de Krill, el cual ha disminuido debido a que ya no cuenta con el suficiente hielo para asegurar su como protección frente a los depredadores en la fase larvaria.

Imágenes: [www.oceanites.org](http://www.oceanites.org).

Como muestra este análisis, es prioritario desarrollar nuevos estudios para conocer el alcance real de los impactos de los turistas antárticos. Esta necesidad no es nueva, ya que en la XIX Reunión Consultiva del Tratado Antártico, celebrada en Seúl en 1995, ya se exhortaba a las Partes a establecer programas de vigilancia de los efectos del turismo antártico. La consecuencia de esta situación ha sido un retraso en la obtención de la información adecuada para determinar y cuantificar la naturaleza y magnitud del impacto del turismo en el medio ambiente antártico, la cual ha comenzado a ser recopilada, de forma parcial y centrada en unos pocos procesos y especies, fundamentalmente en los últimos diez años. Esta falta de información de base hace que muchos autores consideren que el conocimiento actual es insuficiente para predecir adecuadamente cómo o en qué medida las características físicas y la biota puede ser afectada por repetidas visitas en sitios particulares (Kriwoken & Rootes 2000; Hofman & Jatko 2001). Se deben implementar programas de seguimiento más allá de los sitios dedicados tradicionalmente al turismo y abarcar también el medio marino, los sobrevuelos panorámicos y las visitas a ciertos sitios y monumentos históricos. Podemos decir pues, que la valoración del impacto del turismo y sus actividades sobre las regiones polares está en su infancia (Stewart *et al.* 2005).

#### 1.4 CONCLUSIONES

Como hemos visto a lo largo de este capítulo, la importancia del turismo comercial reside en: (1) su *escala*, tanto en términos de turistas como respecto al número de cruceros que se realizan, ya que el turismo marítimo es el más importante en la actualidad; (2) su *fuerte tasa de crecimiento anual* en los últimos años, con incrementos del 250% en la última década; (3) la *efectividad limitada del procedimiento de evaluación de impacto ambiental*, principal instrumento de prevención utilizado hasta el momento por la industria turística; (4) el *incremento de los riesgos ambientales* debido al empleo en los últimos años de cruceros de más de 500 pasajeros, los cuales no están especialmente acondicionados para la navegación polar y que realizan travesías cada vez más largas, lo cual hace que queden expuestas zonas hasta el momento relativamente aisladas y de difícil acceso y, por último; (5) la *ausencia de un marco regulatorio apropiado*, como el que sí que existe para la explotación de otros recursos como los mineros o los vivos marinos. Todo apunta a que el turismo comercial antártico seguirá creciendo en los próximos años, tanto en lo relativo al número total de visitantes como al tipo de actividades desarrolladas, por lo que resulta imprescindible dar una respuesta a estas cuestiones. Su prohibición total sería imposible a nivel práctico, además de constituir una alternativa poco deseable ya que significaría que se ha fracasado en el desarrollo de un modelo turístico sostenible en el tiempo y bien organizado. Es mucho más sugerente la posibilidad de generar un sistema que pueda constituirse en un ejemplo a nivel mundial de ecoturismo sostenible. El diseño e implementación de este modelo es una tarea compleja, ya que la Antártida no es un destino turístico cualquiera. Sus especiales características hacen que no puedan aplicarse las fórmulas de gestión que se han mostrado exitosas en otras zonas del planeta. La denominada *paradoja del turismo*, por la que esta industria puede terminar destruyendo el valor mismo responsable de su desarrollo en una zona, es una amenaza real en el caso antártico que ha de ser tenida en cuenta.

El Tratado Antártico y el Protocolo de Madrid se han mostrado hasta la fecha insuficientes para poder regular eficazmente el turismo antártico (ASOC 2004a), por lo que es necesario desarrollar nuevos instrumentos legales que regulen esta actividad comercial. Ha llegado el día en el que las cuestiones jurisdiccionales relacionadas con el derecho penal o civil dentro de este complejo entorno jurídico han dejado de ser una cuestión teórica para convertirse en un problema real. Los principales aspectos a controlar son: (1) el *número total de turistas antárticos*, los cual puede articularse a través de cuotas de acceso, de una cifra máxima de

cruceros por temporada o de una limitación al número de pasajeros máximo por crucero; (2) los *niveles de actividad en destinos específicos*, sobre todo en aquellos que concentran una mayor demanda de uso por parte de los operadores turísticos por sus recursos patrimoniales naturales, científicos y/o culturales; (3) la *penetración geográfica en nuevas regiones*, gracias particularmente a la aparición de nuevas infraestructuras como pistas de aterrizaje o alojamientos turísticos terrestres permanentes, algo que puede incrementar sustancialmente la huella ecológica del turismo antártico; (4) los *tipos de actividades a desarrollar*, cada vez más diversificadas e impactantes para el medio y, por último; (5) los *mecanismos de evaluación y revisión* de las actividades turísticas, introduciendo evaluaciones ambientales estratégicas y programas de seguimiento a largo plazo en los principales destinos turísticos. Las *Directrices*, adoptadas invariablemente en el marco del Tratado Antártico como *Resoluciones*, han sido hasta el momento el mecanismo habitual para la introducción de normas técnicas voluntarias de este tipo. Aunque este mecanismo funciona bastante bien en las primeras etapas del desarrollo de una cuestión debido a que su revisión y modificación es relativamente sencilla, carece de peso jurídico para regular eficazmente el turismo antártico. Es necesario pues desarrollar un instrumento específico, una Convención para la Regulación del Turismo Antártico (*Convention for the Regulation of Antarctic Tourism, CRAT*). Esto permitiría mantener intactos los instrumentos legales existentes, al tiempo que exigiría el cumplimiento de lo establecido en el Protocolo y permitiría un mejor control de todas las modalidades de turismo antártico.

En el escenario actual, no es posible continuar dejando en manos privadas gran parte de la cuestión de la regulación, ya que las actividades humanas en la Antártida no deben estar sujetas a los intereses particulares y comerciales de las corporaciones turísticas. Existen asociaciones como la IAATO que hasta el momento han mostrado un gran respeto por la protección del entorno a través de directrices de obligado cumplimiento para sus miembros. Pero estos operadores se enfrentan en la actualidad a un dilema trascendental que puede dañar seriamente su forma de entender el turismo antártico. Han de optar por mantener unas normas y estándares de calidad que una creciente fracción de la industria turística no comparte ni cumple, o bien optar por abandonar estas problemáticas restricciones para preservar su hegemonía de representación entre los operadores antárticos la cual se ve claramente amenazada por un aumento de las empresas que nos forman parte de la institución (ASOC 2004a, 2004b). La primera alternativa conlleva una clara desventaja comercial, ya que las empresas fuera de esta asociación pueden crecer sin restricciones y terminar acaparando una mayor cuota de mercado, mientras que la segunda estrategia implica una pérdida de autoridad en pos de conservar una posición de poder en el escenario antártico. Sea cual sea el resultado de este proceso de cambio, se corre el riesgo de que las partes del Tratado Antártico cedan a los intereses comerciales privados del sector turístico el control de la principal actividad humana en el 10% del planeta, algo que apoyan ciertos programas antárticos nacionales debido a las presiones económicas realizadas en sus países de origen. Esta opción es inasumible si se desea evitar que la Antártida se transforme en objeto de discordia internacional, algo que precisamente buscaba evitar el Tratado Antártico.

## 1.5 REFERENCIAS:

- ANI (Adventure Network International). 1992. *Antarctic tour brochures*. Darien, Connecticut.
- ASOC (Antarctic and Southern Ocean Coalition). 2007. *Tourism and the Duty for ATCP Action*. XXX ATCM. New Delhi, 30 april to 11 may. Information paper.
- ASOC. 2004a. *Mechanisms for Regulating Commerical Tourism*. ATCM XXVII. Norway, 21-25 March. Information Paper.
- ASOC. 2004b. *The Regulation of Antarctic Tourism: State of Play After the Antarctic Treaty Meeting of Experts*. ATCM XXVII. Norway, 21-25 March. Information Paper.
- ASOC. 2003. *Coastal sediment pollution at sites frequently visited by tourism operations*. XXVI ATCM. Information Paper IP 117.
- ATCM (Antarctic Treaty Consultive Meeting). 1999. *Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental en la Antártida*. Secretaría del COMNAP. Hobart, Tasmania, Australia.
- Bauer, T.G. 2001. *Tourism in the Antarctic: Opportunities, constraints and future prospects*. The Haworth Hospitality Press. London.
- Burton, H. & van den Hoff, J. 2002. *Humans and the southern elephant seal *Mirounga leonina**. Australian Mamalogy. Australian Mammal Society.
- Campbell, I.B., Claridge, G.G.C., Campbell, D.I. & Balks, M.R. 1998. The soil environment of the McMurdo Dry Valleys, Antarctica. In: Priscu, J.C. (Ed.). *Ecosystem dynamics in a polar desert: The McMurdo Dry Valleys, Antarctica*. American Geophysical Union, Washington. 297–322 pp.
- Carlini, A.R., Coria, N.R. Santos, M.M., Libertelli, M.M. & Donini, G. 2007. Breeding success and population trends in Adélie penguins in areas with low and high levels of human disturbance. *Polar Biology*, 30(7); 917-924.
- Caswell, H., Fujiwara, M. & Brault, S. 1999. Declining survival probability threatens the North Atlantic right whale. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 96: 3308-3313.
- Cessford, G. R. & Dingwall, P. R. 1994. Tourism on New Zealand's Sub-Antarctic Islands. *Annals of Tourism Research*, 21(2): 318-332.
- Clayton, M.N., Wiencke, C. & Klöser, H. 1997. New records and sub-Antarctic marine benthic macroalgae from Antarctica. *Polar Biology*, 17: 141-149.
- Cogley, N. D. & Shears, J. R. 1999. Breeding performance of gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) at a colony exposed to high levels of human disturbance. *Polar Biology*, 21: 355-360.
- COMNAP & IAATO. 2005. *Information Paper on the Use of Ballast Water in Antarctica*. ATCM XXVIII. Stockholm. IP 121.
- Convey, P. 2003. Maritime Antarctic climate change: Signals from terrestrial biology. Antarctic Peninsula Climate Variability. *Antarctic Research Series* 79:145-158.
- Convey, P. 1996. Overwriting strategies of terrestrial invertebrates in Antarctica: the significance of flexibility in extremely seasonal environments. *European Journal of Entomology*, 93: 489-505.
- Convey, P. & Block, W. 1996. Antarctic Diptera: ecology, physiology and distribution. *European Journal of Entomology*, 93: 1-13.
- Culik, B. M. & Wilson, R. P. 1995. Penguins disturbed by tourists. *Nature*, 376: 301–302.
- Culik, B., Adelung, D. & Woakes, A. J. 1990. The effect of disturbance on the heart rate and behavior of Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*) during the breeding season. In: Kerry, K.R. & Hempel, G. (Eds). *Antarctic Ecosystems: Ecological Change and Conservation*. New York. Springer-Verlag: 177–182.
- Curry, C.H., McCarthy, J.S., Darragh, H.M., Wake, R.A., Churchill, S.E., Robins, A.M. & Lowen, R.J. 2005. Identification of an agent suitable for disinfecting boots of visitors to the antarctic. *Polar Record*, vol. 41, (216): 39-45.
- Curry, C., McCarthy, J., Darragh, H., Wake, R., Todhunter, R., & Terris, J. 2001. *Could tourists transmit infectious agents in Antarctica?* International Association of Antarctica Tour Operators (IAATO). Washington, D.C.
- Dann, G., Nash, D. & Pearce, P. 1988. Methodology in tourism research. *Annals of Tourism Research*, 15(1):1–28.
- de Leeuw, C. 1994. *Tourism in Antarctica and its impact on vegetation*. Tesis doctoral. Arctic Centre, University of Groningen.
- de Lisle, G.W., Stanislawek, W.L. & Moors, P.J. 1990. *Pasteurella multocida* infections in rockhopper penguins (*Eudyptes chrysocome*) from Campbell Island, New Zealand. *Journal of Wildlife Diseases*, 26(2): 283-285.

- Draper, D. & Reed, M.G. 2005. *Our environment: A Canadian perspective*. 3<sup>rd</sup> ed. Toronto: Thomson Nelson.
- de Villiers, M, Bause, M. Giese, M & Fourie, A. 2006. Hardly hard-hearted: heart rate responses of incubating Northern Giant Petrels (*Macronectes halli*) to human disturbance on sub-Antarctic Marion Island. *Polar Biology*, 29(8): 717-720.
- Edwards, J.A. 1980. An experimental introduction of vascular plants from South Georgia to the maritime Antarctic. *British Antarctic Survey Bulletin*, 49: 73-80.
- Erize, F. J. 1987. The impact of tourism on the Antarctic environment. *Environment International*, 13(1), 133-136.
- Fowler, G. S. 1999. Behavioral and hormonal responses of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) to tourism and nest site visitation. *Biological Conservation*, 90: 143–149.
- Fraser, W.R. & Patterson, D.L. 1997. Human disturbance and long-term changes in Adélie penguin populations: a natural experiment at Palmer Station, Antarctic Peninsula. In: Battaglia, B., Valencia, J. & Walton, D.W.H. (Eds). *Antarctic Communities: Species, Structure and Survival*. Scientific Committee for Antarctic Research (SCAR), Sixth Biological Symposium, Cambridge University Press, New York, NY, pp. 445-452.
- Freckman, D & Virginia, R.A. 1998. Soil biodiversity and community structure in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica. In: Prisco, J. (Ed.). *Ecosystem Dynamics in a Polar Desert: the McMurdo Dry Valleys, Antarctica*. Antarctic Research Series, American Geophysical Union, Vol 72, 323-335.
- Freckman, D.W. & Virginia, R.A. 1997. Low-diversity Antarctic soil nematode communities: distribution and response to disturbance. *Ecology*, 78:363-69.
- Frenot, Y., Chown, S.L., Whinam, J., Selkirk, P.M., Convey, P., Skotnicki, M. & Bergstrom, D.M. 2005. Biological invasions in the Antarctic: extent, impacts and implications. *Biological Reviews*, 80 (1): 45-72.
- Giammatteo, M.L. 2007. *El turismo de cruceros como amenaza a la región. Estudio de caso: ANTÁRTIDA*. Centro de Estudios Estratégicos de la Armada. Ministerio de Defensa. Cursos Universitarios de Capacitación. VI Curso Sobre Intereses Marítimos Argentinos. Ponencia.
- Giese, M. 1996. Guidelines for people approaching breeding groups of Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*). *Polar Record*, 34: 287–292.
- Greenslade, P. & Wise, K.A.J. 1984. *Additions to the collembolan fauna of the Antarctic*. Transactions of the Royal Society of South Australia.
- Gremmen, N.J.M., Smith, V.R. & van Tongeren, O.F.R. 2003. Impact of Trampling on the Vegetation of Subantarctic Marion Island. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 35(4): 442-446.
- Gunn, C.A. 1988. *Tourism planning*. New York, Taylor & Francis.
- Hall, C.M. 1993. Ecotourism in the Australian and New Zealand Sub-Antarctic Islands. *Tourism Recreation Research*, 18(2): 13–21.
- Hansom, J.D. & Gordon, J.E. 1998. *Antarctic environments and resources*. Longman Harlow, Essex, United Kingdom.
- Harris, C. 2001. *Guidelines for the operation of aircraft near concentrations of birds*. Grantchester, United Kingdom: Environmental Research and Assessment.
- Headland, R.K. 1994. Historical development of Antarctic tourism. *Annals of Tourism Research*, 21(2): 269–280.
- Hemmings, AD. 2004. *Tourism accreditation under the Antarctic Treaty*. Invited Presentation. Australian Antarctic Tourism – 2004 Workshop. Sydney, 23 September.
- Hofman, R.J & Jatko, J. (Eds). 2001. *Assessment of the Possible Cumulative Environmental Impacts of Commercial Ship-Based Tourism in the Antarctic Peninsula Area: Proceedings of a Workshop Held in La Jolla, California, 7-9 June 2000*. National Science Foundation, Washington D.C.
- Holmes, N.D: 2007. Comparing King, Gentoo, and Royal Penguin Responses to Pedestrian Visitation. *Journal of Wildlife Management*, 71: 2575–2582.
- Holmes, N., Giese, M. & Kriwoken, L.K. 2005. Testing the minimum approach distance guidelines for incubating Royal penguins *Eudyptes schlegeli*. *Biological Conservation*, 126(3): 339-350.
- Hughes, K.A. 2003. Aerial dispersal and survival of sewage-derived faecal coliforms in Antarctica. *Atmospheric Environment*, 37: 3147-3155.
- Hughes, K.A. & Stallwood, B. 2006. Oil Pollution in the Antarctic Terrestrial Environment. *Polarforschung*, 75 (2–3): 141–144.
- Hughes, K.A. & Nobbs, S.J. 2004. Long-term survival of human faecal microorganisms on the Antarctic Peninsula. *Antarctic Science*, 16: 293-297.

- Hughes, J. & Davis, B. 1995. The management of tourism at historic sites and monuments. In: Hall, C.M. & Johnston, M.E. (Eds). *Polar tourism: Tourism in the Arctic and Antarctic regions*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd. 235–255.
- IAATO (International Association of Antarctica Tour Operators). 2003. *Marine Wildlife Watching Guidelines (Whales & Dolphins, Seals and Seabirds). For Vessel & Zodiac Operations*.
- IAATO. 2001. *Boot and Clothing Decontamination: IAATO's Recommended Guidelines*.
- Ibáñez, F. & Ferrer, M. 2006. Aves Antárticas de la Isla Decepción: un santuario amenazado por el turismo. *Quercus*, 244: 52-59.
- IMO. 1998. Guidelines for the Control and Management of Ships' Ballast Water to Minimize the Transfer of Harmful Aquatic Organisms and Pathogens: Resolution A.868(20). International Maritime Organization. 16 pp.
- INFUETUR (Instituto Fueguino de Turismo). 2004. *Ushuaia, Puerta de entrada a la Antártida*. Informe preliminar sobre el tránsito de turismo antártico a través de Ushuaia, temporada 2003-2004. Ushuaia, Argentina: Gobierno de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.
- Inskip, E. 1991. *Tourism planning: An Integrated and Sustainable Development Approach*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 1991. *A Strategy for Antarctic Conservation*. International Union for the Conservation of Nature. Gland, Switzerland. 85 pp.
- Janiot, L.J., Sericano, J.L. & Marcucci, O. 2003. Evidence of oil leakage from the Bahai Paraiso wreck in Arthur Harbour, Antarctica. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 1619-1622.
- Karl, D.M. 1992. The grounding of the Bahia Paraiso: microbial ecology of the 1989 Antarctic oil-spill. *Microbial Ecology*, 24: 77-89.
- Kerry, K.R., Clarke, J.R., Gardner, H., Murphy, R., Hume, F. & Hodum, P. 1995. Adélie penguin chick deaths investigated. *ANARE News*, 75: 18–20.
- Kremser, U., Klemm, P. & Kötz, W.D. 2005. Estimating the risk of temporary acoustic threshold shift, caused by hydroacoustic devices, in whales in the Southern Ocean. *Antarctic Science*, 17: 3-10.
- Kriwoken, L.K. & Rootes, D. 2000. Tourism on ice: Environmental impact assessment of Antarctic tourism. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 18(2): 138–150.
- Law, P.G. 1989. Developers would but scratch Antarctica. *The Age*, april 26, p. 7.
- Law, P.G. 1977. Possibilities for exploitation of Antarctic Resources. In: Vicuna, F.O. & Araya, A.S. (Eds.). *Desarrollo de la Antártida*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, pp. 24-37.
- Laws, R.M. & Taylor, R.J.F. 1957. *A mass dying of crabeater seals, Lobodon carcinophagus*. Proceedings of the Zoological Society of London.
- Lewis, P.N., Riddle, M.J. & Hewitt, C.L. 2004. Management of exogenous threats to Antarctica and the sub-Antarctic islands: balancing risks from TBT and non-indigenous marine organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 999-1005.
- Lewis, P.N., Chad, L.H., Martin, R. & McMinn, A. 2003. Marine introductions in the Southern Ocean: an unrecognised hazard to biodiversity. *Marine Pollution Bulletin*, 46(2): 213-223.
- Lovering, J.F. & Prescott, J.R.V. 1979. *Last of Lands: Antarctica*. Melbourne University Press. Carlton South, Australia.
- MacDonald, J.W. & Conroy, J.W.H. 1971. Virus disease resembling puffinosis in the gentoo penguin *Pygoscelis papua* on Signy Island, South. *British Antarctic Survey Bulletin*, (26): 80-82.
- Maher, P.T., Steel, G. & McIntosh, A. 2003. Antarctica: Tourism, wilderness & "ambassadorship"? In: Watson, A. & Sproull, J. (Comps.). *Science and stewardship to protect and sustain wilderness values*. Seventh World Wilderness Congress symposium, 2–8 November 2001, Port Elizabeth, South Africa. Proceedings RMRS-P-27 Ogden, Utah: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 204–210.
- Mason, P.A. & Legg, S.J. 1999. Antarctic tourism: Activities, impacts, management issues and a proposed research agenda. *Pacific Tourism Review*, 3: 71-84.
- Micol, T. & Jouventin, P. 2001. Long-term population trends in seven Antarctic seabirds at Pointe Géologie (Terre Adélie). Human impact compared with environmental change. *Polar Biology*, 24(3): 175-185.
- Naveen, R. 2005. *Indicators of cumulative impacts on bird and plant populations: approaches taken by the ASI*. NSF/COMNAP/SCAR Workshop. Texas A & M Univ., College Station. March 2005.

- Naveen, R. 2003. *Compendium of Antarctic Peninsula Visitor Sites, 2d edition: A Report to The United States Environmental Protection Agency*. US Environmental Protection Agency.
- Naveen, R., Forrest, S.C., Dagit, R.G., Blight, L.K., Trivelpiece, W.Z., & Trivelpiece, S.G. 2001. Zodiac landings by tourist ships in the Antarctic Peninsula region, 1989-99. *Polar Record*, 37(201): 121-132.
- Naveen, R. 2000. *Visitor landings in the Antarctic Peninsula 1989–1999*. Chevy Chase, Maryland: Oceanites, Inc.
- Nimon, A.J., Schroter, R.C. & Oxenham, R.K.C. 1996. Artificial eggs: measuring heart rate and effects of disturbance in nesting penguins. *Physiology Behaviour*, 60: 1019-1022.
- OMT (Organización Mundial del Turismo). 2008. UNWTO World Tourism Barometer June 2008. *UNWTO*, 6(2): 1-47.
- Patterson D.L., Easter-Pilcher, A.L. & Fraser, W.R. 2003. The effects of human activity and environmental variability on long-term changes in Adelie penguin populations at Palmer Station, Antarctica . In: Huiskes, A.H.L., Gieskes, W.W.C., Rozema, J, Schorno R.M.L., VanDerVies, S.M. & Wolff W.J. (Eds.). *Antarctic biology in a global context*. Proceedings. 8<sup>th</sup> SCAR International Biology Symposium. Vrije University, Amsterdam, Netherlands, August 27-September 01. Pp. 301-307.
- Peat, H.J., Clarke, A. & Convey, P. 2007. Diversity and biogeography of the Antarctic flora. *Journal of Biogeography*, 34: 132-146.
- Peck, L.S., Convey, P. & Barnes, D.K.A. 2006. Environmental constraints on life histories in Antarctic ecosystems: tempos, timings and predictability. *Biological Reviews*, 81(1): 75-109.
- Pfeiffer, S. & Peter, H.U. 2004. Ecological studies toward the management of an Antarctic tourist landing site (Penguin Island, South Shetland Islands). *Polar Record*, 40: 1-9.
- Poland, J.S., Riddle, M.J. & Zeeb, B.A. 2003. Contaminants in the Arctic and the Antarctic: a comparison of sources, impacts, and remediation options. *Polar Record*, 39: 369-383.
- Regel, J. & Putz, K. 1997. Effect of human disturbance on body temperature and energy expenditure in penguins. *Polar Biology*, 18: 246-253.
- Reich, R.J. 1979. Tourism in the Antarctic: its present impact and future development. Unpublished thesis for the Diploma in Polar Studies, Scott Polar Research Institute. Cambridge University.
- Rounsevell, D. & Binns, D. 1991. Mass deaths of King Penguins (*Aptenodytes patagonica*) at Lusitania Bay, Macquarie Island. *Aurora*, 10(4): 8-10.
- Salden, W.J.L. & Leresche, R.E. 1970. New and developing techniques in Antarctic ornithology. In: Holdgate, W.M. (Ed). *Antarctic ecology* (vol. 1). London, Academic Press: 585-96.
- SCAR/COMNAP. 1996. *Monitoring of Environmental Impacts from Science and Operations in Antarctica*. Report of the SCAR/COMNAP Workshops on Environmental monitoring in Antarctica Held at Oslo, Norway, 17-20 October 1995 and at College Station, Texas, 25-29 march 1996. Cambridge, SCAR.
- Scott, S. 2001. How cautious is precautionary? Antarctic tourism and the precautionary principle. *The International and Comparative Law Quarterly*, 50(4): 963–971.
- Scott, J.J. & Kirkpatrick, J.B. 2005. Changes in Subantarctic Heard Island Vegetation at Sites Occupied by *Poa annua*, 1987–2000. *BioOne*, 37(3): 366-371
- Scott, J.J. & Kirkpatrick, J.B. 1994. Effects of human trampling on the sub-Antarctic vegetation of Macquarie Island. *Polar Record*, 30: 207-220.
- Sjolting, S. & Cowan, D.A. 2000. Detecting human bacterial contamination in Antarctic soils. *Polar Biology* 23: 644-650.
- Skotnicki, M. L., Selkirk, P. M., Kitajima, E., McBride, T. P., Shaw, J. & MacKenzie, A. 2003. The first subantarctic plant virus report: Stilbocarpa mosaic bacilliform badnavirus (SMBV) from Macquarie Island. *Polar biology*, 26(1): 1-7.
- Smith, R.C., Baker, K.S., Fraser, W.R., Hoffman, E.E., Karl, D.M., Klinck, J.M., Quetin, L.B., Prézelin, B.B., Ross, R.M., Trivelpiece, W.Z. & Vernet, M. 1995. The Palmer LTR: a long-term ecological research program at palmer Station, Antarctica. *Oceanography*, 8(3): 77-86.
- Southwell, C. 2005. Response behaviour of seals and penguins to helicopter surveys over the pack ice off East Antarctica. *Antarctic Science*, 17: 328-334.
- Stewart, E.J., Draper, D. & Johnston, M.E. 2005. A review of tourism research in the polar regions. *Arctic*, 58(4): 383-394.

- Stonehouse, B. 1993. Shipborne tourism in Antarctica: Scott Polar Research Institute Studies 1992-1993. *Polar Record*, 28: 330-332.
- Stonehouse, B. & Crosbie, K. 1995. Tourism impacts and management in the Antarctic Peninsula area. In: Hall, C.M. & Johnston, M.E. (Eds.). *Polar tourism: Tourism in the Arctic and Antarctic regions*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd. 217-234.
- Tavares, M. & De Melo, G.A.S. 2004. Discovery of the first known benthic invasive species in the Southern Ocean: the North Atlantic spider crab *Hyas araneus* found in the Antarctic Peninsula. *Antarctic Science*, 16: 129-131.
- Tejedo, P. & Benayas, J. 2006. Is Maritime Antarctic ready to the impacts of commercial tourism? In: Siegrist, D. Clivaz, C. Hunziker, M. & Iten, S. (Eds.). *Exploring the Nature Management*. MMV Third: 489-495.
- Tejedo, P., Justel, A., Rizo, E., Benayas, J. & Quesada, A. 2005. Measuring impacts on soils by human activity in an antarctic special protected area. *Terra Antarctica Reports*, 12: 57-62.
- Whiman, J., Chilcott, N. & Bergstrom, D.M. 2005. Subantarctic hitchhikers: expeditioners as vectors for the introduction of alien organisms. *Biology Conservation*, 121(2): 207-219
- White, K.J. 1994. Tourism and the Antarctic economy. *Annals of Tourism Research* 21(2): 245-268.
- Wilkness, P. 1990. Fuel spill clean up in the Antarctic. *Antarctic Journal of the United States*, 25(4): 3-8.
- Williams, R. & Crosbie, K. 2006. Antarctic Whales and Antarctic Tourism. ATCM XXIX. Information Paper 39.
- Wilson, R.P., Culik, B.M., Danefield, R. & Adelung, D. 1991. People in Antarctica: how much do Adélie Penguins care? *Polar Biology*, 11: 363-370.
- Woehler E.J., Riddle, M.J. & Ribic, C.A. 2003. Long term population trends in Southern Giant Petrels in East Antarctica. In: Huiskes, A.H.L., Gieskes, W.W.C., Rozema, J., Schorno, R.M.L., van der Vies, S.M. & Wolff, W.J. (Eds). *Antarctic biology in a global context*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp 290-295.
- Woehler, E. J. & J. Croxall (Eds.). 1996. *The Status and Trends of Antarctic and Subantarctic Seabirds*. SCAR, Subcommittee on Bird Biology. Cambridge. England
- Woehler, E.J., Penney, R.L., Creet, S.M. & Burton, H.R. 1994. Impacts of human visitors on breeding success and long-term population trends in Adélie Penguins at Casey, Antarctica. *Polar Biol.* 14: 269-274.

#### REFERENCIAS DIGITALES:

- British Antarctic Survey, 2004.  
< <http://www.antarctica.ac.uk/met/climate/wmc/> >
- IAATO, 2008.  
< [http://www.iaato.org/tourism\\_stats.html](http://www.iaato.org/tourism_stats.html) >
- Secretaria del Tratado Antártico, 2008.  
< [http://www.ats.aq/index\\_s.htm](http://www.ats.aq/index_s.htm) >