

La Antártida y el Cambio Climático

La comunidad científica antártica es consciente de que los crecientes niveles de CO₂ pueden acelerar el calentamiento global, pudiendo provocar la desintegración de las plataformas de hielo y sus casquetes de hielo asociados, y el consiguiente aumento del nivel marino. El nivel del mar aumentaría 6 m si se fundiese el casquete de hielo de la Antártida Occidental.

El organismo internacional responsable para la coordinación de la investigación científica en la Antártida (SCAR – *Scientific Committee on Antarctic Research*) acaba de reorganizar su programa de investigación científica focalizándolo hacia el cambio climático y sus efectos. La comunidad científica está de acuerdo en centrar su atención y esfuerzo en los próximos años en cinco programas principales de investigación científica, los cuales se dirigen, de un modo u otro a la determinación de los efectos del cambio climático en la Antártida y a dilucidar el papel de la Antártida en el sistema climático global. Los cinco programas fueron aprobados por los delegados nacionales que representan a los 32 países miembros del SCAR, reunidos en su 28 sesión durante la semana del 3 al 8 de octubre en Bremerhaven, Alemania. La financiación de estos programas comenzará a principios de 2005. Todos ellos realizarán aportaciones significativas para alcanzar los objetivos del Año Polar Internacional en 2007-2008.

A continuación se presentan los detalles de los programas. Los párrafos en negrita describen los 5 programas. Los otros párrafos proporcionan detalles adicionales.

1. La Antártida y el Sistema Climático Global **(*Antarctica and the Global Climate System – AGCS*)**

El programa La Antártida y el Sistema Climático Global investigará como la atmósfera y los océanos conectan el clima de la Antártida al del resto del mundo. Para ello usará registros de las condiciones atmosféricas y oceánicas y las señales climáticas contenidas en los sondeos en el hielo, junto con datos de satélites y los resultados de modelos climáticos conjuntos atmósfera-océano, a escala global y regional, para comprender el funcionamiento del sistema climático actual y como este es afectado por las actividades humanas y para desarrollar predicciones de 100 años hacia el futuro. Nos mostrará como signos de variabilidad climática tropical y de latitudes medias llegan a la Antártida y como señales climáticas polares son exportadas hacia el norte.

Información adicional

Hace cincuenta años, cuando se celebró el Año Geofísico Internacional (1957-58), se pensaba que la Antártida se encontraba bastante aislada de las condiciones existentes en latitudes más al norte, sin embargo, los estudios usando los nuevos datos observados y sofisticados modelos de circulación general atmósfera – océano demostraron que la Antártida está estrechamente relacionada con el sistema climático global. El calor que llega al ecuador procedente del sol se dirige hacia el norte y el sur en dirección a los polos. El principal sumidero de este calor en el hemisferio sur es la Antártida y el océano que la rodea. El 80 % del calor es transportado por la atmósfera y el 20 % por el océano. La Corriente Circumpolar Antártica (*Antarctic Circumpolar Current - ACC*), que es cuatro veces mayor que la Corriente del Golfo, inhibe el flujo de calor hacia el polo por medio del océano y juega así un importante papel para mantener frío el continente.

La Antártida está conectada al sistema climático global por medio de importantes enlaces de gran escala, conocidos como teleconexiones. Aguas calientes profundas del Atlántico norte (*North Atlantic Deep Water*) moviéndose hacia el sur a profundidades de 2000 - 3000 metros, son 'compensadas' por el flujo hacia el norte de aguas frías subantárticas cerca de la superficie (*Subantarctic Mode Water*), más abajo (*Antarctic Intermediate Water*) y en el fondo (*Antarctic Bottom Water*). Las aguas profundas del Atlántico norte y de la Antártida son los principales constituyentes del llamado 'cinturón transportador termohalino', que mantiene oxigenado al océano y regula la temperatura de la Tierra. Comprender el funcionamiento global de este mecanismo de transporte implica entender los procesos en el océano Antártico.

La investigación de las relaciones entre la Antártida y el resto del mundo ha puesto de manifiesto recientemente que los fenómenos de 'El Niño', que se dan en el Pacífico tropical, conllevan condiciones frías y secas en la Península Antártica y temperaturas más elevadas y mayores niveles de precipitación sobre la región costera sur del Mar de Amundsen frente a la Antártida Occidental.

No está claro por qué hay un rápido calentamiento invernal en la zona occidental de la Península Antártica, donde las temperaturas se están elevando con más rapidez que en ningún otro lugar del hemisferio sur. Esta región también ha sufrido la desintegración de varias plataformas de hielo flotantes. Este programa pretende investigar las causas.

2. Evolución del Clima Antártico **(*Antarctic Climate Evolution - ACE*)**

El programa sobre Evolución del Clima Antártico (ACE) es una investigación multidisciplinar complementaria sobre el clima antiguo y la historia glaciaria de la Antártida. Recogerá información sobre cambios climáticos pasados y lo integrará con modelos climáticos y de recubrimiento glaciario para identificar los procesos que rigen el cambio climático antártico, y aquellos que retroalimentan este cambio alrededor del globo. Adicionalmente, proporcionará ejemplos concretos, detallados, de cambios climáticos del pasado, con los que se podrán contrastar los modelos de cambios futuros. El resultado final serán predicciones de cómo el clima antártico responderá, previsiblemente, ante futuros cambios globales.

Información adicional

La Antártida ha sufrido glaciaciones a lo largo de 34 millones de años, pero sus casquetes de hielo han fluctuado considerablemente, provocando cambios globales del nivel de mar y del clima a lo largo de la Era Cenozoica. Las variaciones en el volumen de hielo pueden cambiar los niveles globales del mar en decenas de metros o más, y alterar la capacidad de los casquetes de hielo y del mar para actuar como importantes sumideros de calor o aislantes. Por ello es importante para nosotros determinar la escala y la velocidad de la respuesta a los cambios climáticos de las grandes masas de hielo y del mar helado asociado. Por esta razón el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) ha pedido asesoramiento sobre la estabilidad de la criosfera (el hielo, la nieve y el permafrost) en relación con los crecientes niveles de CO₂.

Este programa relacionará estudios geofísicos y geológicos sobre y alrededor del continente antártico con experimentos de modelización climática y de recubrimiento de

hielo. Determinará condiciones y cambios climáticos en determinados momentos del pasado. Estos incluirán periodos de calor y frío inusual durante las glaciaciones de los últimos 2 millones de años, y otros periodos de un pasado más lejano, cuando las temperaturas globales eran varios grados centígrados superiores a las actuales, a la vez que otros eventos de enfriamiento más antiguos.

Este programa también examinará (i) la evolución del paisaje antártico para proporcionar condiciones climáticas y medioambientales en diferentes momentos; (ii) la influencia de la tectónica en el comportamiento de los casquetes de hielo y (iii) la influencia de la tectónica de placas en la apertura de “pasillos” para las corrientes oceánicas y su papel en el cambio climático.

3. Evolución y Biodiversidad en la Antártica *(Evolution and Biodiversity in the Antarctic - EBA)*

El programa sobre Evolución y Biodiversidad en la Antártida (EBA) pretende determinar como el cambio medioambiental influye en las propiedades y dinámica de los ecosistemas de la Antártida y del océano austral, y predecir cómo pueden responder los organismos y comunidades a los cambios medioambientales actuales y futuros. Este ambicioso programa integra trabajos en ecosistemas marinos, terrestres y de aguas dulces de una manera nunca antes abordada. Comparando los resultados de procesos evolutivos paralelos a lo largo de diferentes ambientes antárticos, se pueden obtener conocimientos fundamentales sobre la evolución y las maneras en que la vida responde a los cambios, desde el nivel molecular al del organismo completo y, finalmente, al de un bioma entero.

Información adicional

El aislamiento geográfico es una característica que convierte a la Antártida en un importante laboratorio natural para trabajos evolutivos. El carácter extremo del entorno físico nos permite demostrar adaptaciones evolutivas con especial detalle. Importantes descubrimientos antárticos, como la biosíntesis y evolución de compuestos anticongelantes en peces e invertebrados terrestres y de aguas dulces, forman ya parte de los libros de texto. La combinación de aislamiento y cambio climático ha llevado a la existencia de una biota rica en taxones endémicos y a un fuerte contraste entre biotas marinas y terrestres, desde ecosistemas simples en tierra a sistemas bentónicos marinos de alta diversidad en las plataformas continentales y en las aguas abiertas del océano sur. Buscamos entender las razones que se encuentran detrás de estas llamativas diferencias.

El calentamiento en el sector occidental de la Península Antártica afecta a sus ecosistemas e influirá a la vez en la diversidad biológica futura. Muchas especies antárticas son susceptibles a estos cambios, especialmente las costeras. El estudio de estos ecosistemas cambiantes contribuirá a entender mejor los procesos evolutivos de la vida en el planeta.

Importante información de la historia evolutiva de la biota antártica está siendo adquirida mediante modernas técnicas moleculares, permitiendo distinguir entre taxones a datar y permitiendo la relación entre cambios biológicos y eventos climáticos o tectónicos. Los resultados revelan la presencia de especies crípticas, indicando un amplio depósito de diversidad no detectada. El programa usará técnicas moleculares para mejorar el conocimiento de la historia evolutiva de la biota antártica.

Los estudios moleculares ayudarán a establecer los patrones de flujo de genes al interior y hacia el exterior de la Antártida, así como las consecuencias para la dinámica de poblaciones. Nos permitirá examinar, entre otras cosas, el papel de los humanos como vectores; las diferencias entre la estructura genética de las poblaciones de los organismos antárticos y los de otros lugares; en qué medida estas diferencias reflejan la historia evolutiva del pasado; y el papel de los procesos advectivos en el flujo de genes y la estructura de las poblaciones de organismos del océano austral.

Los trabajos sobre biodiversidad en la región antártica se han concentrado en ciertas regiones geográficas y muchas áreas y hábitats importantes permanecen inexplorados, tales como los mares de Amundsen y Bellinghausen y muchos sectores de la Antártida Oriental, incluyendo los nunataks continentales y algunos oasis libres de hielo en tierra. El programa se centrará en estas áreas prácticamente desconocidas. Sus actividades marinas contribuirán al censo de vida marina circumpolar que realizará una aportación significativa al censo global de vida marina.

4. Efectos Conjugados Interhemisféricos en Investigaciones Solares-Terrestres y del Aire *(Interhemispheric Conjugacy Effects in Solar-Terrestrial and Aeronomy Research - ICESTAR)*

El programa sobre Efectos Conjugados Interhemisféricos en Investigaciones Solares-Terrestres y del Aire se centra en aquella parte del espacio cercana a la tierra (conocida como geoespacio) donde el viento solar interactúa con la atmósfera exterior de la Tierra, la ionosfera y la magnetosfera. Manifestaciones de esta interacción, como las auroras, se dan en las regiones polares. Desde el Año Geofísico Internacional 1957-58, hemos sido capaces de describir muchas de las partes componentes del geoespacio. Pero aún existen importantes vacíos en nuestro entendimiento de las interacciones. Necesitamos un conocimiento más profundo de cómo la energía es transferida desde el viento solar al entorno geoespacial; esto es imposible sin consideraciones simultáneas de varios fenómenos geofísicos que suceden sobre ambas regiones polares, la norte y la sur. Entre otras cosas, necesitamos saber más sobre la dinámica de la magnetosfera de la Tierra durante las tormentas geomagnéticas causadas por condiciones extremas de viento solar. Queda mucho por aprender sobre cómo el condicionante solar puede afectar a la atmósfera neutra, especialmente en latitudes altas, donde los procesos condicionados por el viento solar tienen mayor influencia. También necesitamos entender mejor las posibles influencias cambiantes del sol sobre las condiciones atmosféricas y el clima polar. El objetivo es especificar y predecir el estado global del geoespacio y, por lo tanto, del 'tiempo espacial'. El 'tiempo espacial' es un peligro potencial para las tecnologías electrónicas y de comunicaciones espaciales y terrestres, de las que depende la sociedad.

Información adicional

La Antártida ofrece una excelente plataforma desde la cual observar amplias regiones del geoespacio (que se extiende millones de kilómetros desde el planeta) debido a que el campo magnético terrestre focaliza los efectos de las interacciones solares-terrestres en las regiones polares y a que la Antártida tiene una masa de tierra sobre la que instalar instrumentos en latitudes altas. Así todo, la Antártida ha sido infraexplorada para este propósito en comparación con el Ártico. Recientemente ha habido una inversión sustancial por parte de unos cuantos países en instrumentación sofisticada, proporcionando una malla de instrumentos sobre la región polar austral.

Instrumentos adicionales se instalarán en un futuro cercano proporcionando una cobertura igual o en algunos casos mejor que en las regiones polares boreales. Existe ahora la posibilidad de investigar relaciones conjugadas entre los dos hemisferios con un detalle sin precedentes. ICESTAR está diseñado para explotar esta capacidad. Uno de los principales resultados será la visibilidad mejorada, accesibilidad y utilización de los datos geoespaciales antárticos para permitir investigaciones del sistema geoespacial completo, incluyendo estudios interhemisféricos y tierra-espacio, así como nuevas investigaciones interdisciplinarias en teleconexiones entre los niveles superiores e inferiores de la atmósfera, en los que ICESTAR conectará con los programas climáticos del SCAR.

La utilización de un enfoque bipolar es importante para eliminar los efectos de variabilidad estacional y de asimetrías norte-sur, que aún no son del todo comprendidas, y para permitirnos una valoración de la inyección total de energía en la atmósfera superior a partir de la conexión viento solar–magnetosfera. La mayoría de los actuales modelos geoespaciales están desarrollados a partir de observaciones del hemisferio norte y asumen una respuesta simétrica (improbable) de ambas regiones polares, norte y sur, a las perturbaciones magnéticas. Conocer las similitudes y diferencias entre las altas atmósferas polares norte y sur nos permitirá una mejor comprensión de cómo el planeta entero responde a la influencia variable de la radiación electromagnética y del viento solar, ayudando así a mejorar las predicciones de sus efectos sobre la superficie de la Tierra.

5. os Ambientes de los Lagos Subglaciales Antárticos (Subglacial Antarctic Lake Environments - SALE)

El programa sobre Ambientes de los Lagos Subglaciales Antárticos (SALE) proporcionará interesantes oportunidades para estudiar la biodiversidad y las respuestas evolutivas en los lagos subglaciares que ahora sabemos que son frecuentes en la Antártida. Estos sistemas aislados son análogos para la vida en la Tierra primitiva y en otros cuerpos planetarios. Es probable encontrar nuevas respuestas al ambiente en estos sistemas lacustres, que son importantes enclaves para la biodiversidad y para la dinámica de poblaciones polares. Por ello SALE proporcionará un interesante sistema para el programa EBA. Adicionalmente, SALE contribuirá a los objetivos de los programas de investigación climática del SCAR. El registro paleoclimático contenido en los sedimentos lacustres subglaciares proporcionará nueva información sobre la historia climática del interior del continente. Adicionalmente, la historia de las capas de hielo, cuantificada por medio de modelos numéricos en los programas climáticos del SCAR, ofrecerá importante información sobre la formación y desarrollo de los ambientes de los lagos subglaciares.

Contribución del SCAR

El SCAR es la principal organización independiente para facilitar y coordinar la investigación científica antártica, así como para identificar temas emergentes que conduzcan a un mejor conocimiento científico de la región, que deberían de ser mostrados a la atención de los políticos. Su objetivo primario es iniciar, desarrollar y coordinar investigaciones científicas internacionales de alta calidad en la región antártica y acerca del papel de esta en el sistema terrestre. El SCAR está bien posicionado para conducir los cinco programas mencionados, al reunir a científicos de todas las naciones con programas de investigación antártica de importancia. La nueva estructura del SCAR en Grupos Científicos Permanentes (*Standing Scientific Groups*)

proporciona un foro en el que científicos con los conocimientos necesarios para llevar a cabo tales programas de investigación interdisciplinarios pueden reunirse y planificar. El SCAR también proporciona fuertes enlaces con la planificación de las operaciones antárticas a través de su estrecha asociación con el Consejo de Administradores de los Programas Antárticos Nacionales (*Council of Managers of National Antarctic Programmes -COMNAP*).

A través de sus Programas de Investigación Científica (*Scientific Research Programmes*) y de sus actividades relacionadas, el SCAR procurará ayudar y motivar de múltiples maneras y de modo creciente a la próxima generación de científicos antárticos. La nueva reunión bienal del SCAR *Open Science Conference*, que en su edición de 2004 atrajo a un millar de asistentes a sus actividades en Bremen (26-28 de julio) proporciona una importante vía a través de la cual los científicos jóvenes pueden compartir sus trabajos. Los resultados de las actividades científicas del SCAR son mayoritariamente accesibles a través de su página web o de sus puntos de contacto, siguiendo el principio de que los datos y la información deben de ser compartidos para asegurar una utilidad máxima. Los principales responsables de los Programas de Investigación Científica del SCAR motivarán a los jóvenes científicos para que participen en sus seminarios y en intercambios entre instituciones relevantes.

Para más información visite la página web del SCAR: <http://www.scar.org>