

METEOROLOGÍA POLAR, INTERPRETANDO EL IMPACTO GLOBAL

Este lema, que es el elegido por la OMM para la conmemoración del próximo Día Meteorológico Mundial, 2007, coincide oportunamente con la celebración del Año Polar Internacional que tendrá lugar durante el 2007/08. En este año se cumplirán también los ciento veinticinco años de la celebración del primer Año Polar Internacional (1882/83), y los setenta y cinco del segundo (1932/33), además de coincidir con el 50 aniversario del Año Geofísico Internacional (1957/58).

Esta celebración que esta promovida por el Internacional Council Scientific Unions (ICSU) y la Organización Meteorología Mundial (OMM), proporcionará un gran impulso a los proyectos de investigación científica y afectará a todas las líneas de investigación interesadas en las regiones polares, por ello es de esperar que, gracias a esta celebración, mejore nuestro conocimiento y comprensión de los procesos que tienen lugar en estas latitudes y de forma especial, en nuestro caso, a un avance significativo de la Meteorología Polar.

Las regiones polares, y en particular la Antártida, juegan un papel crítico en el cambio global y por ende en su impacto, ya que en éstas se producen las mayores interacciones entre la atmósfera, la superficie helada, el océano y la biota, afectando totalmente al sistema global (Weller 1989). Así podemos constatar que en éstas se registran realimentaciones significativas en la circulación atmosférica, en el transporte de energía y en el de pululantes, en los cambios en la masa de hielo, en la circulación de corrientes profundas de los océanos y en los ciclos bio y geo-químicos, todo ello coincidente con los resultados de los modelos numéricos que muestran una mayor aceleración de los cambios climáticos en estas áreas.

Del análisis de las observaciones en superficie se puede deducir que la temperatura de la tierra, en niveles próximos a la superficie, ha sufrido un aumento medio de aproximadamente 0,6 °C en el último siglo. Este calentamiento medio es, naturalmente, el resultado de una contribución de datos que con una dispar distribución geográfica presentan valores no homogéneos, y como ya hemos indicado en el párrafo anterior, en latitudes altas se observa una amplificación de esta tendencia. Son fácilmente visualizables las pérdidas por fusión en la cobertura de hielo y de tundra en el Ártico, así como se observa un calentamiento del permafrost, y a su vez en la Antártica, la tendencia al aumento de temperatura en la Antártida Oeste y la fusión del hielo en áreas de los mares de Bellingshausen y de Amundsen. Todo ello corroborado por los datos de observación en superficie, que desde el año 1950 en el Ártico y desde el 1957 en la Antártida, presentan una tendencia que camina en ese sentido, en la misma forma se observan tendencias similares sobre la Circulación Atmosférica y de las Oscilaciones del Ártico y las del Antártico (AO y AAO), así como las del Pacífico de Norte América (PNA).

Estos procesos de variabilidad de la circulación atmosférica y oceánica, tanto de carácter natural, como los debidos a forzamientos externos, en los que incluimos los resultantes del incremento en las concentraciones de gases de invernadero, pueden explicar esa tendencia que se observa en estas regiones donde como ya hemos comentado los fenómenos de interacción y realimentación tienen un papel muy destacado. Sin embargo nos encontramos con muchas incertidumbres como pueden ser las que se han presentado durante la última década, especialmente en el Ártico, en donde durante los últimos años se han observado los registros mas bajos de cobertura hielo, mientras que sin embargo la Oscilación Ártica se ha mantenido sin una variabilidad significativa.

En este punto es necesario retomar los esfuerzos encaminados a la mejora de nuestra comprensión, acerca del desarrollo de estos procesos, que si no despejan todas las incertidumbres presentadas al menos si podemos acotarlas en mayor medida.

Es de destacar las dificultades presentes a la hora de examinar las tendencias recientes, como son las que se derivan de la falta de datos, tanto en su distribución geográfica como en la temporal, en este ultimo caso podemos señalar la escasa disponibilidad de datos fiables de observación con anterioridad a la década de los cincuenta y de las lagunas de estos, que obstaculizan la obtención de una información real de la circulación atmosférica global con anterioridad a la década de los 70.

La importancia climática de estas regiones polares y su gran interacción a nivel global que hemos visto viene dada especialmente por sus características climáticas distintivas, la más destacada es la que tiene su origen en la gran variación estacional que sufre la radiación solar recibida, que de ser prácticamente nula durante el invierno polar, pasa a ser máxima en el verano con 24 horas de sol ininterrumpidas, logrando que la radiación solar recibida en los días de solsticio sea incluso mayor que la recibida en regiones ecuatoriales, aunque la radiación anual sea por supuesto mucho menor. Sin embargo el alto albedo que presenta su cobertura de hielo y nieve, que junto al bajo contenido de vapor de agua existente en su atmósfera, aseguran una pérdida neta de radiación.

Estos procesos aseguran temperaturas muy bajas en sus inviernos e incluso en sus veranos como es el caso de la Antártida, en donde la temperatura permanece por debajo del punto de fusión y donde el hielo y la nieve se han ido acumulando a lo largo de millones de años. El agua de sus océanos esta helada en su superficie, presentando una cobertura de hielo y nieve que aísla térmicamente al agua subyacente y presenta a su vez un alto albedo frente a la radiación incidente, La extensión de la superficie de mar helado presenta a su vez una gran variación estacional, con procesos de fusión y congelación. La formación de hielo en la superficie del mar en estas regiones tiene consecuencias oceanográficas y atmosféricas importantes, por un lado las derivadas del intercambio de calor latente, y por otro la formación de agua densa con un alto contenido en sal proveniente de su cesión durante el proceso de congelación del agua marina. Esta agua densa es la responsable de la formación de las aguas profundas de los océanos que transportan flujos de nutrientes y CO₂, contribuyendo por convención a la corriente termohalina y a la ventilación del océano. La producción de aguas profundas del océano es una característica de ambas regiones polares, sin embargo existen diferencias, como la variabilidad de la temperatura, que derivan esencialmente de sus distintivas características geográficas. El Ártico es un océano congelado rodeado de masas de tierra continentales y la Antártida es un continente congelado rodeado solamente por océanos, que facilita su aislamiento térmico del resto del planeta favorecido por la formación del vértice polar antártico. A diferencia de la Antártida, el Ártico esta fuertemente influenciado por el transporte atmosférico estacional y las debidas al aporte de las corrientes fluviales continentales.

Así podemos ver que la influencia del clima polar en el clima del planeta, viene fijada por las características distintivas de estos y por los procesos complejos que se desarrollan en estas regiones. Estas características climáticas, sumadas a los procesos de interacción y bucles de realimentación complejos (Simmonds, 1998), tendrán un peso decisivo en el desarrollo de futuros cambios y, consecuentemente, en su influencia a nivel global, que en ultimo termino podrán llevar al planeta a escenarios contemplados en transiciones glaciares e interglaciares (Petit y otros, 1999).

Los procesos complejos con bucles de realimentación y de interacción que son objeto de estudio e investigación, dada su gran trascendencia e influencia en el clima del planeta y en sus cambios, pueden enumerarse como los siguientes:

Los procesos de fusión del hielo debidos al calentamiento en superficie, que generarán un incremento positivo de realimentación, como consecuencia de la disminución del albedo en las superficies donde retroceda el margen de hielo, siendo que la radiación absorbida en las superficies libres de hielo y nieve es del orden de tres veces mayor que en las que se mantienen cubiertas, en estas zonas aumentará la fusión del hielo debido al mayor calentamiento, en un proceso no lineal, aunque también hay que contemplar como realimentación negativa las pérdidas en la radiación incidente, que se producirá al aumentar la cobertura nubosa generada a consecuencia de una mayor extensión de la superficie libre de hielo y de la mayor temperatura del océano.

El aumento global del nivel del mar, en el que tendría un impacto crítico la fusión de las masas polares. La mayor contribución a este aumento se espera de la fusión de glaciares árticos, de la disminución de la capa de hielo de Groenlandia y la de la Antártida Oeste. Los cálculos de los modelos para el 2100 indican una subida del nivel del océano por debajo de 1 metro a escala global. Sin embargo, un escenario que contemple la fusión completa de la capa de hielo de Groenlandia podría elevar el nivel del océano en 6 metros, además las simulaciones sugieren que un aumento de pocos grados servirían de disparo para la fusión de gran parte de su hielo, y que este proceso quizás podría tener lugar en cien o doscientos años. Con respecto a la Antártida no es de esperar que su masa de hielo pueda fundirse con un aumento de 3 o 4 °C, ya que las temperaturas en la Antártida están en general por debajo del punto de fusión, y solo son previsibles estas fusiones en áreas de la Antártida Oeste. También es de considerar el flujo de témpanos hacia el mar que acaban fundiéndose en su viaje por el océano y que hasta ahora no tenían consecuencias directas sobre el aumento del nivel del mar, sin embargo, los estudios prevén que el calentamiento de la zona afectará a este proceso con un incremento en la velocidad de su flujo hacia el océano, que podría contribuir en la subida del nivel del mar en 1 o 2 m. Contrarrestando estos procesos, se espera durante esta centuria, un crecimiento de la masa de hielo en la Antártida debido al aumento de las precipitaciones en forma de nieve, en respuesta a la subida de temperatura del océano, que compensarían los incrementos por fusión, quedando como resultado un aumento del nivel del mar por debajo de 1 metro en esta centuria, tal como indican los modelos. A mas largo plazo el nivel del mar seguirá subiendo, incluso después de la estabilización en las concentraciones de los gases de invernadero, debido a la gran inercia térmica del océano y de los glaciares. En este punto jugará un papel decisivo la cobertura de hielo de los océanos polares, en especial la del antártico, que es el objetivo de muchos proyectos de investigación.

Los modelos océano- climáticos predicen una creciente estabilización de la capa de mezcla superficial, la reducción en el flujo de sal, la menor convección, y la menor formación de aguas profundas del océano. Estos resultados podrán llevar a una prolongada reducción de la corriente termohalina y de la ventilación del océano, (O'Farrel y otros 1997; Budd y Wu, 1998; Hirst, 1999). Su efecto en las corrientes oceánicas provocaría un impacto significativo en el clima a nivel global. En efecto las aguas profundas oceánicas que se generan en torno a la Antártida y al Atlántico Norte, son en gran medida las responsables la Circulación Termohalina Oceánica. Esta generación de aguas profundas puede verse reducida por el efecto que proporcionaría el aumento en la entrada de agua dulce en los océanos polares por la fusión de glaciares, aumento de precipitación, y disminución de formación de hielo marino, con la consiguiente ralentización de la corriente

termohalina y de la ventilación oceánica. Los modelos climáticos océano-atmósfera expresan el forzamiento en el desarrollo de la concentración de gases de invernadero en la atmósfera, la ralentización de la corriente termohalina e incluso el colapso de la circulación y de la convención del mar del Labrador. Las consecuencias serán notables, ya que pueden conducir a la reorganización a escala global de la corriente termohalina del océano, y al disparo de un rápido cambio climático, con impactos significativos a nivel global. Acontecimientos pasados del Paleoclima derivados de grandes aportaciones de agua dulce a los océanos están siendo muy discutidos y estudiados, (Bianchi y McCave, 1999) y junto a los del derretimiento del hielo antártico (Mikolajewic, 1998). Estas investigaciones demuestran que en los pasados cambios climáticos, el paso de un modelo de circulación a otro originó el disparo de cambios climáticos regionales muy importantes.

Reducción de gases de invernadero por el océano, que será consecuencia de la menor ventilación del océano anteriormente expuesta, forzará el aumento de la concentración de gases invernadero en la atmósfera, (Matear y Hirst, 1999), calculan que en el 2100 la cantidad acumulada a causa de la reducción en el secuestro de CO₂ por parte del océano supondría una cantidad de carbono de 56Gt., esta cantidad es equivalente al que correspondería a un aumento por año del 4% en las emisiones de CO₂.

Emisión de gases de invernadero en el ártico, Las regiones polares del ártico formadas por grandes extensiones de océano, tundra y permafrost proporcionan los mayores sumideros y manantiales de anhídrido carbónico y metano atmosféricos. La consideración de que estas sean un sumidero o un manantial neto de CO₂ dependerá de los flujos hidrológicos de la disminución del permafrost y del grado de descomposición de la turba debida a su calentamiento. El calentamiento futuro de la zona contribuirá a un aumento neto de en la emisión natural de CO₂,

Los impactos y vulnerabilidades que se esperan para estas áreas, son los derivados de los procesos ya descritos y que podemos resumir en los siguientes puntos:

Las áreas del ártico y de la Antártida en los que la cobertura de hielo esta próxima al punto de fusión son las más sensibles a un cambio climático, esta sensibilidad hace que su biota y los aspectos sociales y económicos, sean especialmente vulnerables. El ártico será más vulnerable a estos cambios donde el impacto ecológico, y el social-económico será mayor.

La biota es particularmente vulnerable en estas regiones, ya que una disminución en el borde del hielo provocara una disminución primaria de organismos marinos, que puede desencadenar pérdida del hábitat para especies como ballenas, focas y osos polares. La adaptación de los ecosistemas naturales polares, provocara migraciones de especies animales y cambio en estas de efectos aun inciertos.

La pérdida de hielo en el ártico a su vez dará lugar a nuevas rutas marinas, explotaciones pesqueras y nuevos asentamientos, y consecuentemente a una mayor contaminación, por otro lado pueden acarrear conflictos jurisdiccionales sobre explotación de recursos marinos y de otros tipos. Las comunidades indígenas también podrán ser afectadas por estos cambios.

Todos los impactos mencionados repercutirán en mayor o menor medida en el sistema global, como hemos visto, aumentando el peso que a nivel global representan estas regiones, y en relación con el Lema propuesto, se puede afirmar que los cambios climáti-

cos que se produzcan en ellas darán lugar a su vez a posteriores cambios debido a los procesos mencionados y generarán impactos que afectarán a todos los lugares del mundo; además tendrán una permanencia que durará siglos, tal como indican los modelos. Por otra parte y como hemos visto en el punto anterior, existen grandes incertidumbres acerca de estos. Para su comprensión volvemos al punto de partida del Lema de este año en el que el estudio de la meteorología polar proporcionará las claves necesarias para poder fijar los signos de las tendencias actuales y las de medio plazo así como las de sus comportamientos no lineales.

Como dato relevante, por último, es de constatar la importancia de las regiones polares y en particular la Antártida ya que en ella se encuentra depositado el 91% de toda la masa de hielo de la tierra y el 70% de las reservas mundiales de agua dulce, así como la existencia del vórtice polar que aísla al continente presentando fenómenos exclusivos como el llamado agujero de ozono.

Alberto Castejón de la Cuesta

Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado
Ex Colaborador de Investigación en la Antártida (P.N.I.A.)
Jefe de Turno del Centro Nacional de Predicción (C.N.P.)

BIBLIOGRAFÍA:

- G E WELLER The role of Antarctic in Global Change.
- SIMMONDS, I 1998 The climate of Antarctic region.
- PETIT Y OTROS, 1999 Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core.
- O`FARREL 1997 Impact of transient increases in atmospheric CO₂ on the accumulation and mass balance of the Antarctic ice sheet.
- HIRST 1999. The Southern Ocean response to global warming in the CSIRO coupled ocean atmosphere model.
- BIANCHI AND McCAVE 1999. Holocene periodicity in north Atlantic climate and deep ocean flow south of Iceland.
- MIKOLAJEWIC 1998. Effect of meltwater input from the Antarctic ice sheet on the thermohaline circulation.
- MATEAR AND HIRST 1999. Climate change feedback on the future oceanic CO₂ uptake. IPCC Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability.



Día Meteorológico Mundial 2006

Los cuatro colaboradores premiados son: José y Jaume Anguera, Sabino Fernández y Faustino Arráez, con el Secretario General, Arturo Gonzalo Aizpiri y el Director General Francisco Cadarso