

Impacto del cambio climático en los glaciares y barreras de hielo de la península Antártica
Ponencia del Ing. Pedro Skvarca en el Auditorio del Malba,
Buenos Aires, Julio de 2005.

Imagino que la mayoría de los presentes habrá visto la película "El día después de mañana". La misma comienza con la desintegración de la Barrera de Hielo Larsen B, y si bien es un poco ficticia, porque la escala del tiempo no se puede reproducir en una película, ha demostrado la repercusión que tuvo este evento a nivel mundial. El colapso del Larsen B fue publicado hasta en la primera plana del diario New York Times.

Actualmente existen dos regiones en el Continente Antártico que preocupan a los científicos. Una se halla ubicada en la península Antártica donde, como acabo de mencionar, se desintegraron sectores extensos de barreras de hielo, y la otra en el sector oeste de Antártida. Lo crítico de esta última estriba en que la masa de hielo de varios millones de km³ se encuentra apoyada sobre roca a más de 1.500 metros debajo del nivel del mar, y el colapso de esta "sabana de hielo" sería catastrófico para toda la humanidad.

En esta conferencia nos vamos a concentrar especialmente en las consecuencias que tiene el cambio climático de la península Antártica sobre las masas de hielo de la región. La mayoría conoce nuestras bases Antárticas Orcadas, Esperanza, Marambio, y Matienzo. Vamos a mostrar los registros de temperaturas de las estaciones mencionadas y vamos a ver como el calentamiento atmosférico regional afectó a los glaciares y a las barreras de hielo de la zona. En particular me voy a referir al sector noreste de la península Antártica y el impacto producido por el cambio climático en los glaciares de la islas Vega, James Ross y en la parte noreste de la Barrera de Hielo Larsen.

Gracias a la estación meteorológica Orcadas disponemos de un registro instrumental de un siglo de duración, que opera desde el año 1904, el cual nos permite detectar un significativo calentamiento de la atmósfera a partir de la década del '30. Desde entonces hasta el presente la temperatura en esta región aumentó 0.026°C por año. Por otro lado, de registros de temperatura de la estación Faraday (actualmente Vernadsky), sabemos que la temperatura media anual del aire en la península Antártica aumento más de 2.5° C en los últimos 50 años, con una proyección de 4.4 °C por siglo. La tendencia al aumento de la temperatura se observa también en las estaciones Esperanza (5 décadas de registro) y Marambio (3 décadas de datos). El registro de Orcadas nos indica también que las 2 décadas recientes fueron las de mayores temperaturas del siglo 20. Por otra parte del análisis de testigos de hielo extraídos de la meseta de la península Antártica se sabe que las mismas fueron a su vez las más cálidas de los últimos 500 años.

Para los estudios glaciológicos es muy importante conocer las tendencias de temperaturas medias anuales. Podemos observar que los registros climáticos de Orcadas, Esperanza como Marambio, presentan una tendencia positiva muy notoria. Para Orcadas es de +0.036°C por año, para Esperanza un poco más y en el caso de Marambio aún mayor con +0.07°C por año. Podemos ver que las tendencias son mayores a medida que nos desplazamos hacia el sur. Para los glaciares son primordiales las temperaturas medias de verano (TMV), pues son responsables de la pérdida de masa glaciar por fusión superficial del hielo, y vamos a ver también el papel que juega el agua de fusión en los procesos de fractura y posterior desintegración de las barreras de hielo.

Una evidencia muy contundente de los cambios ocasionados por el calentamiento atmosférico y oceánico en la península Antártica es el retroceso y la desintegración final del sector norte de la Barrera de Hielo Larsen. Los dos eventos más notorios de los últimos diez años corresponden a la desintegración de los sectores A y B de la barrera de hielo Larsen, que coincidieron a su vez con las temperaturas de verano máximas registradas hasta la fecha en la región. Las temperaturas medias de verano (TMV) resultan del promedio de las temperaturas registradas durante los meses de diciembre, enero y febrero. El colapso del sector denominado Larsen A (al norte de los 65° S) ocurrió a comienzos del año 1995, durante el verano cuando la TMV pasó

por primera vez los 0 °C. En el caso del sector Larsen B, que colapso en febrero-marzo 2002 la TMV fue aún mayor. Durante el verano 2001-02 se registró en la Estación Esperanza una TMV de + 2.4 °C, en Marambio de +0.7 °C, y en Matienzo, que es la estación ubicada en el nunatak Larsen muy cercano a la barrera Larsen B, fue de 1.3 °C sobre cero. Desde el año 1975 hasta comienzos del 2005 la Barrera de Hielo Larsen perdió más de 13.000 km² al N de los 66° S, fundamentalmente a causa del cambio climático.

Asociado con este aumento de la temperatura del aire también se ha detectado un adelgazamiento muy significativo y balances de masa negativos en los glaciares del sector NE de la península Antártica. El Glaciar Bahía del Diablo ubicado en la isla Vega, cuyo frente termina en tierra, es un glaciar que estamos estudiando desde hace más de 20 años. Actualmente es el único glaciar de Antártida donde se ha llevado a cabo en forma continuada balance de masa desde hace seis años. El balance de masa de un glaciar es la diferencia entre lo que se le agrega a un glaciar (fundamentalmente por precipitación nival) y de lo que se le quita (principalmente por fusión en verano) anualmente, y en el caso de los glaciares que desprenden en el agua la pérdida por desprendimiento o "calving". En el Glaciar Bahía del Diablo hemos medido en su zona inferior un descenso notorio del nivel de la superficie. Este glaciar ha disminuido de espesor a una tasa promedio de 0.9 m/año desde 1984 hasta 2005. Los balances de masa medidos desde 1999-2000 hasta 2004-2005 fueron siempre negativos, con una pérdida promedio de 270 mm de equivalente en agua. En glaciología es usual expresar los parámetros de acumulación y ablación de los que resulta el balance de masa en "equivalente en agua", o sea el equivalente del espesor de nieve o hielo en mm de agua.

Para demostrar que este proceso no ocurre solamente en un glaciar, presentamos también los cambios observados en el glaciar Cabo Lamb. Se trata de un glaciar reconstituido ubicado en el sector SO de la misma isla. Hace 20 años este glaciar terminaba en el mar, pero desde entonces retrocedió mucho y actualmente su frente termina en tierra. El espesor de este glaciar también ha disminuido notoriamente (24 m) en los últimos 20 años, a una tasa anual promedio de 1.2 m/año. En la vecina isla James Ross hemos analizado también el comportamiento de la mayoría de sus glaciares de descarga, observando que el área decreció entre 1975 y 1988 a una tasa de 1.8 km² por

año. Estudios muy recientes extendidos hasta el año 2002 indican que la tasa de retroceso de estos glaciares aumentó más del doble, o sea a 3.8 km² por

año, en comparación con el periodo anterior. En los 27 años transcurridos desde 1975 hasta 2002 los glaciares de la isla decrecieron 78.8 km², lo cual implica una disminución de 3.9% en el área glaciar. Estos datos son ejemplos contundentes de como afecta a los glaciares el calentamiento atmosférico existente en la región, y muestran a las claras lo que esta sucediendo en el sector NE de la península Antártica.

Cabe agregar que los datos de balance de masa del Glaciar Bahía del Diablo constituyen hoy el único aporte de Antártida para el Servicio de Monitoreo Mundial de Glaciares (World Glacier Monitoring Service-WGMS), auspiciado por la UNESCO, que recopila los datos de balance de masa de muchos glaciares ubicados en distintos puntos del planeta, lo cual nos permite evaluar el impacto del cambio climático en toda la Tierra. Este monitoreo es muy importante ya que los glaciares son excelentes indicadores de cambio climático.

Barreras de hielo

Nos interesa mostrar y analizar especialmente los mayores cambios producidos en la península Antártica a causa del mejoramiento climático, me refiero a la desintegración de las barreras de hielo.

Las barreras de hielo también son glaciares, pero que tienen la particularidad de fluir sin fricción sobre el mar. Son extensiones de los glaciares o de "sábanas de hielo" terrestre en el mar. Las barreras fluyen por su propio peso, o sea por gravedad. Al ser su superficie casi plana con muy suaves ondulaciones, los desprendimientos en sus zonas frontales dan lugar a los llamados "témpanos tabulares". Las mareas originan movimientos ascendentes y descendentes en las barreras de hielo, que hacen que las mismas suban y bajen a pesar de sus grandes extensiones y espesor, que en el caso de Larsen es de unos 200 m cerca de su frente y 350-400 m en el contacto con el hielo interior. Las grandes barreras de hielo como Ross y Filchner-Ronne tienen un espesor que llega a los 1500 m en la unión con el margen continental. En el caso de la Barrera de Hielo Larsen la oscilación vertical causada por las mareas es del orden de los 3

metros.

Las barreras subsisten por la acumulación de nieve en su superficie y por la congelación del agua en su base, y pierden masa fundamentalmente por el desprendimiento de los témpanos o "calving" en sus frentes y también por fusión basal. Sólo la Barrera de Hielo Larsen libera a los océanos unas 20 Gigatoneladas por año debido a la fusión del hielo basal. Si bien la fusión o desintegración de las barreras de hielo flotante no contribuye al aumento global del nivel del mar, la redistribución del agua antes congelada puede tener amplias implicaciones en los patrones de circulación oceánica, y modifica también la salinidad del "Agua Oceánica Profunda Antártica" del Mar de Weddell rica en nutrientes, que emerge a la superficie en la "Convergencia Antártica".

Importancia de las barreras de hielo

Las barreras de hielo bordean el 44% de la costa Antártica y representan el 11% de la superficie del hielo Antártico. Es decir casi la mitad de la costa de la Antártida es bordeada por las barreras de hielo. Las más extensas son las Barreras de Hielo Ross, Filchner-Ronne, Amery, y después le sigue la barrera de Hielo Larsen, de la cual nos vamos a ocupar.

La importancia de las barreras de hielo estriba en su función estabilizadora de las "sábanas de hielo" y de los glaciares que las alimentan. Este ha sido un tema de muchas discusiones científicas en las últimas décadas.

Es interesante conocer un poco de historia sobre la Barrera de Hielo Larsen. Lleva el nombre de Carl Larsen, capitán del barco Jasón, que la descubre y bordea en el verano 1892-83, alcanzando en ese entonces los 68° 10' de latitud sur por las excepcionales condiciones de hielo marino. En ese viaje también descubre los nunataks Foca y la península Jasón. En Octubre de 1902 fue un argentino, el Alférez de Navío de la Armada Argentina José María Sobral quien junto con el famoso expedicionario Dr. Otto Nordenskjold y Jonassen de la expedición sueca transitara y estudiara por primera vez el sector de la barrera Larsen B, que ha dado tanto que hablar. En esa travesía con perros alcanzan el nunatak Borchgrevink, a los 66° 03' S; 62° 30' W. Nordenskjold fue quien propuso ya en aquel entonces el término "Shelfeis" (en castellano hielo de barrera), para estas plataformas de hielo flotante. Quiso el destino que casi un siglo después, o sea en Octubre del 2001, fuéramos también los argentinos (científicos del Instituto Antártico), los que viajamos e investigamos por última vez la barrera de hielo que ya no existe más.

La desintegración de sectores de la barrera Larsen es especialmente importante ya que es la primera vez que el hombre observa directamente fenómenos de esta magnitud, que ocurrieron con inesperada rapidez. Pueden servir como ensayos de laboratorio que permitan quizás prevenir lo que puede ocurrir en un futuro con las grandes barreras de hielo Ross o Filchner-Ronne. Como pueden observar esas dos barreras son las que contienen la mayor parte de las "sábanas de hielo" Antártico. A principios del año 2003 hemos presentado las primeras evidencias de las consecuencias de la remoción de barreras de hielo en los glaciares que las alimentaban.

Rasgos observados en la barrera Larsen antes de colapso.

Durante la primavera 1994 hemos realizado una campaña de campo en el sector Larsen A y no podíamos creer lo que estábamos observando. Esta barrera, cuya superficie se encontraba muy pocos años antes casi completamente lisa, plana y uniforme, casi sin rasgos morfológicos, se encontraba surcada por gran cantidad de grietas, hendiduras o "rifts" y depresiones colapsadas. En una imagen del satélite meteorológico NOAA-AVHRR tomada en febrero de 1995 se pudo observar una extensa cola de hielo de escombros y un témpano gigante, denominado A-32. La parte de escombros corresponde al sector Larsen A que acababa de desintegrarse. Un área de más de 800 km² se hizo añicos, literalmente hablando, en cuestión de sólo pocas semanas, fragmentándose en miles de pequeños témpanos y hielo de escombros. Estos fragmentos llegaron casi hasta la isla Marambio, que se encuentra a unos 150 km de distancia. Después hemos monitoreado desde el año 1963 con la ayuda de todas las imágenes satelitales disponibles y algunas mediciones de terreno las sucesivas posiciones del frente de Larsen A, para ver como la barrera ha ido retrocediendo con el tiempo hasta su colapso final.

Larsen B era el otro sector de la barrera de hielo que se extendía al sur de Larsen A (entre los 65 y 66 grados de latitud sur), donde ya en 1994 pudimos observar por primera vez extensas hendiduras de más de 100 m de ancho, por donde años más tarde se desprendieron grandes

porciones de la barrera, dando lugar a muchos témpanos tabulares. En una ocasión inclusive bajamos en una de ellas para hacer observaciones glaciológicas.

En la primavera 2001 llevamos a cabo la última campaña de terreno sobre el sector Larsen B, oportunidad en la que realizamos muchas mediciones y tomamos datos que aún hoy estamos procesando y analizando. Gracias a los posicionadores satelitales (GPS) y a las señales instaladas en la barrera durante septiembre-octubre de 1996 pudimos conocer la velocidad de flujo del hielo en este sector de la barrera. Durante el período 1997-99 la barrera se movía a un metro por día, pero en el período 1999-2001, o sea sólo unos meses antes del colapso, la barrera aumentó su velocidad en 26%. Este es un dato muy importante porque ahora sabemos que de producirse un incremento similar de velocidad en cualquier otra barrera de hielo, sería una señal de alarma que la misma está por desintegrarse. Antes de estos estudios no se sabía como se comportan las barreras de hielo previo a su colapso.

El 17 de febrero del 2002 nos encontrábamos en la Base Marambio, desde donde sobrevolamos la barrera Larsen B y realizamos el mapeo de su frente con el avión Twin Otter de nuestra Fuerza Aérea. Con el mismo avión efectuamos el segundo mapeo el día 13 de Marzo, o sea sólo unos días después del colapso. Los 2 vuelos realizados entre las fechas indicadas nos permitieron medir con exactitud el área desintegrada. Gracias a nuestros vuelos GPS y a las imágenes MODIS tomadas por el satélite TERRA de la NASA hemos podido determinar que desde el 31 de Enero, o sea en 41 días, desaparecieron 3200 km² de la barrera Larsen B. Como información adicional cabe señalar que el análisis de testigos de sedimentos marinos extraídos frente a Larsen B por científicos de EEUU unos meses antes del evento permitió concluir que este fenómeno no ocurrió por lo menos en los últimos 9000 años !

Que ocurrió en el verano 2001-2002 ?

Como resultado de las temperaturas positivas registradas durante el verano 2001-02 había sobre la superficie de la barrera de hielo grandes cantidades de agua de fusión. La presencia de abundante cantidad de agua de fusión es muy importante ya que la misma actúa como "disparador" de la desintegración de las barreras de hielo. El agua, producto de la fusión superficial penetra en las fisuras y grietas de la barrera, las agranda por expansión cuando se congela, y las va fragmentando que finalmente se produce su colapso.

Extensas lagunas de agua de fusión dieron origen a cascadas de agua dulce como las que hemos observado durante el vuelo glaciológico. Pudimos ver una cascada que caía por el frente de la barrera desde unos 30 m de altura hacia el mar (la barrera tiene unos 150 m más por debajo del nivel del mar). Nuevas grietas y gran cantidad de desprendimientos que observamos durante los vuelos GPS indicaban que el proceso aún estaba en curso.

Las imágenes de distintos sensores y satélites así como los mapeos GPS llevados a cabo con helicóptero y avión nos permitieron calcular que sólo la Barrera de Hielo Larsen perdió entre 1975 y 2005 más de 13.000 km². Como resultado de la desintegración de las barreras de hielo se puede observar que en muy pocos años tuvieron lugar cambios muy drásticos en la geografía de la costa de la península Antártica y esto hace que los mapas estén continuamente desactualizados. A causa del cambio climático se desintegraron toda la península aproximadamente 18500 km² en y casi el 70% de esta pérdida corresponde a la Barrera de Hielo Larsen.

Otro dato importante que deriva de estudios recientes indica que sólo los glaciares que alimentaban Larsen B contribuyeron entre los años 2002-2003 unos 27 km³ por año de agua al aumento global del nivel del mar. Por flotar en el mar la desintegración de las barreras y posterior fusión de su hielo no implica un aumento del nivel del mar. Pero el retroceso de los glaciares por detrás de la línea de apoyo, o sea su parte apoyada sobre la roca sí hace un aporte significativo al incremento global del nivel del mar.

Los glaciares que descargan ahora en la bahía Larsen A también aceleraron notoriamente luego de la quita de la barrera de hielo en este sector. En el caso del Glaciar Drigalsky de 1000 km² de superficie la velocidad aumentó en su parte central unas 3 veces. Además se observó que después de la remoción de las barreras la superficie de los glaciares bajó notoriamente, o sea los glaciares han adelgazado, porque al acelerarse el hielo se extiende.

Estudios realizados con datos de altímetro radar a bordo de satélites europeos ERS-1 y ERS-2 nos permitieron conocer indirectamente otro dato importante sobre la tasa de fusión que ocurre en la base de la barrera de hielo Larsen. Es decir la barrera no sólo pierde masa en su

superficie por fusión a causa del calentamiento atmosférico, sino que también hay una importante pérdida por fusión basal causada por el incremento de la temperatura del Mar de Weddell. Esta aumentó unas 0.32 °C desde el año 1972, y se sabe que el aumento de 0.1 °C implica una tasa de fusión basal de 1.0 m por año.

Recientes estudios científicos basados en nuevos datos satelitales han permitido cuantificar con mayor exactitud cuánto aceleraron y adelgazaron los glaciares luego de la quita de las barreras de hielo. En el caso de Larsen B se sabe que los glaciares aumentaron hasta 8 veces su velocidad desde que desapareció la barrera de hielo y que disminuyeron de espesor casi 40 metros en menos de un año.

Como conclusión podemos decir que las últimas dos décadas fueron probablemente las más cálidas de los últimos 5 siglos. En el transcurso de los últimos 20 años han ocurrido cambios drásticos en los glaciares y en las barreras de hielo de la península Antártica, inducidos por el calentamiento atmosférico y oceánico. Los mayores cambios corresponden a la desintegración de los sectores Larsen A y B de la Barrera de Hielo Larsen, y su influencia en la dinámica de los glaciares que las alimentaban. Hemos visto que ambos eventos ocurrieron coincidentemente con los dos veranos más cálidos registrados en la región. En zonas donde las barreras de hielo ya no existen los glaciares comenzaron a acelerar y a adelgazar (disminuir de espesor) significativamente, a sufrir pulsaciones y a retroceder detrás de las líneas de apoyo, razón por lo cual comenzaron a contribuir al aumento del nivel del mar. Todavía son necesarias muchas investigaciones para saber cual es el impacto final de estos cambios en el medio ambiente, pero sabemos que de continuar este aumento de la temperatura del aire y del océano, se pueden esperar cambios aun mayores en la península Antártica y en el resto del Continente Antártico. Se estima que la barrera de Larsen C, de ~70.000 km² de superficie, podría desaparecer antes de un siglo.

El ingeniero Pedro Skvarca nació en 1944 en Ljubljana. En 1956 emigra a la Argentina. Egresado de la Universidad de Buenos Aires como Ingeniero Geodesta - Geofísico, se dedica a la glaciología desde su ingreso en 1973 al Instituto Antártico Argentino. Es miembro de la Sociedad Glaciológica Internacional, del Grupo Permanente de Ciencias Físicas del Comité Científico de Investigaciones Antárticas, y Académico de Número de la Academia Nacional de Geografía. Hasta la fecha realizó más de 30 campañas a la Antártida y 20 a los glaciares Patagónicos. El resultado de tan intensa actividad es la publicación de numerosos trabajos científicos.