

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

#### EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS GLACIARES PATAGÓNICOS Y FUEGUINOS

Jorge O. Rabassa\*

**Director del Centro Austral de Investigaciones Científicas – CADIC -  
Profesor Titular Regular, Universidad Nacional de la Patagonia- San Juan Bosco, sede Ushuaia.  
Investigador Principal, CONICET, CADIC.**

El cambio climático global (CCG) se manifiesta mediante el aumento de la temperatura media anual o estacional, aumento o disminución regional de las precipitaciones y aumento en la frecuencia de eventos meteorológicos extremos. Los impactos, tanto benéficos como perjudiciales, del CCG en Patagonia, Tierra del Fuego y la Península Antártica se han manifestado con mayor intensidad a partir de 1978, y en particular, en la última década del siglo XX.

Las regiones mencionadas se caracterizan por su alta vulnerabilidad, derivada de su posición latitudinal en el hemisferio sur, sus climas extremos y de alta variabilidad intrínseca, y su ubicación geográfica con respecto a los océanos meridionales y la Corriente Circumpolar Antártica. Esta alta variabilidad climática se ha manifestado asimismo a lo largo de todo el Pleistoceno tardío, en particular desde el Tardiglacial (15.000-10.000 años 14C A.P.), y a lo largo del Holoceno, hasta nuestros días. 14C A.P es la edad del carbono 14 antes del presente. Entre los impactos benéficos del CCG puede argumentarse el desplazamiento hacia climas más benignos en toda esta región y la ampliación de la frontera agrícola desde las pampas hacia el suroeste.

Los impactos negativos del CCG son mucho más claros y frecuentes, tales como la pérdida de biodiversidad y de masa forestal en el ecotono, bosquestepa, la mayor frecuencia de eventos hidrológicos extremos tales como inundaciones y sequías, la desaparición del ermafrost sobre la línea del bosque, la desecación de turberas y humedales, el ascenso del nivel del mar e incremento de eventos erosivos costeros, el ascenso de la línea de nieve climática y el retroceso de los glaciares y desaparición de los neveros, entre muchos otros.

En este último caso en particular, el aumento de la temperatura media anual, y en especial, la temperatura media del verano, ha provocado una recesión generalizada de los glaciares patagónicos y fueguinos.

El retroceso de los glaciares patagónicos por efecto del cambio climático global provocará daños incalculables a las diversas actividades humanas que dependen de su existencia.

La línea regional de nieves permanentes se define como la línea que une los puntos topográficos de menor altura sobre el paisaje de montaña, que al final de la época de fusión, que usualmente es el comienzo del otoño, muestran nieve acumulada

durante el último invierno. La línea de equilibrio es la posición de dicha línea sobre la superficie de un determinado glaciar. En el caso de Patagonia y Tierra del Fuego, el aumento de la temperatura media anual, y particularmente de las temperaturas de verano, ha tenido un efecto sensible sobre la posición de la línea de nieve regional, y por ende, de la línea de equilibrio, forzando su elevación en más de 200 m para los últimos 20 años. Esto ha provocado un retroceso general de la mayoría de los glaciares patagónicos y fueguinos, en su mayoría debido a la pérdida significativa de área de acumulación, la elevación de las temperaturas medias anuales y estacionales en el frente de los glaciares y el incremento de la formación de témpanos en lagos y en el mar.

Esta recesión generalizada de los glaciares patagónicos ha sido observada desde hace más de 20 años. Autores como Aniya y Enomoto observaron, entre 1944 y 1984, una recesión máxima de aproximadamente 2,5 km en dos de los glaciares formadores de témpanos, con pérdidas de espesor del hielo de 40 a 120 m durante los últimos 40 años. En un trabajo más reciente, Aniya estimó la contribución de los glaciares patagónicos al aumento del nivel del mar debido al incremento de la fusión. La elevación total del nivel del mar debido a la fusión de los glaciares patagónicos solamente, habría alcanzado a  $1,93 \pm 0,75$  mm para los últimos 50 años, o sea el 3,6% del total del cambio de nivel del mar que se ha registrado. Asimismo, el análisis de los datos climáticos de las estaciones meteorológicas ubicadas alrededor del manto de hielo patagónico ha revelado un leve incremento de la temperatura del aire y un decrecimiento en la precipitación a lo largo de los últimos 40 a 50 años.

El famoso Glaciar Perito Moreno del Parque Nacional Glaciares, de la provincia de Santa Cruz, en la Patagonia meridional (y probablemente también su vecina contraparte chilena, el Glaciar Pío XI), es un caso muy particular, pues continúa avanzando activamente año tras año, bloqueando el Brazo Rico del Lago Argentino, generando un muro de hielo que luego colapsa cuando la presión de agua acumulada en el sector sur del muro excede la resistencia del hielo glaciar. Cuando el muro finalmente cede, lo cual no sucede todos los años, se produce un evento impactante, el cual es muy apreciado por los turistas y naturalistas de todo el mundo que acuden al lugar en gran número para presenciarlo.



Figura 1. Glaciar Upsala, frente del hielo formador de témpanos en el Brazo Norte, Lago Argentino, Parque Nacional Glaciares, provincia de Santa Cruz, Argentina, 1981 (Foto: J Rabassa).

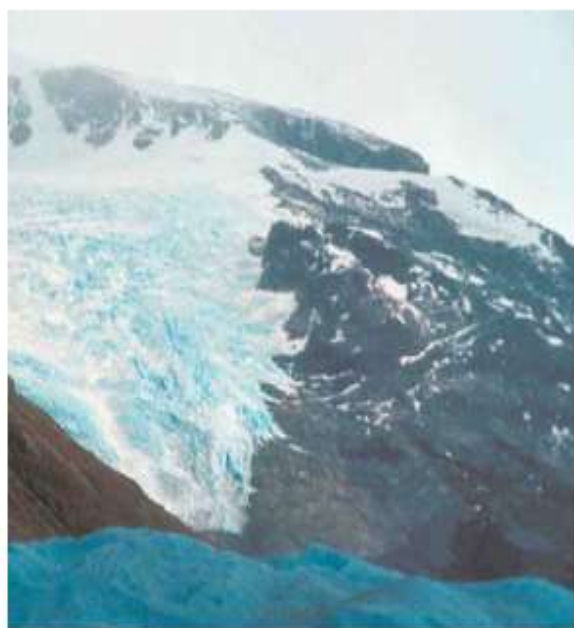


Figura 2. Un glaciar de montaña, tributario del Glaciar Upsala desde la ladera oeste del valle, visto desde varios kilómetros al sur, 1981. Nótese la superficie superior del frente del Glaciar Upsala en el primer plano de la fotografía, ilustrando claramente la posición del frente del hielo en ese entonces, próxima al barco desde el cual se obtuvo la fotografía (Foto: J Rabassa).



Figura 3. El mismo tributario, ahora visto desde el norte en 2004. El frente del hielo del Glaciar Upsala en contacto con el Lago Argentino ha retrocedido más de 8 km en este período, permitiendo que los barcos que navegan dicho lago lleguen hoy a posiciones en este brazo de tipo fiordo que no podían ser alcanzadas en 1981 (Foto: J Rabassa).



Figura 4. El Glaciar Monte Alvear Este, Andes Fueguinos, lat. 54° S. Esta es la porción meridional del borde del glaciar, tal como se veía en febrero de 2004. Nótese las relativamente pequeñas dimensiones de la cueva de hielo que aparece en el sector izquierdo del frente del hielo y las dimensiones del afloramiento rocoso inmediatamente a la derecha de él (Foto: J Rabassa).



Figura 5. La curva de hielo que aparece en la figura 4, en febrero de 2004. Nótese la pequeña área iluminada en el sector más alejado de la cueva de hielo (Foto: J Rabassa).



Figura 6. El Glaciar Monte Alvear Este. La porción meridional del borde del hielo tal como se veía en febrero de 2005. Nótese el tamaño agrandado de la cueva de hielo, la emergencia en este año de un gran bloque rocoso en la pared de hielo directamente a la derecha de la cueva, el cual no se observaba en la fotografía de 2004, revelando una notable recesión del frente del hielo de

varios metros en tan solo un año. Nótese también la exposición de remanentes de hielo oscuro por debajo del hielo blanco, más reciente, a la izquierda de la cueva de hielo, no visibles el año anterior. Este hielo oscuro, rico en detritos, es un antiguo remanente de hielo, de edad desconocida, quizás anterior a la 'Pequeña Edad de Hielo' (siglos XVI a XIX) y aun quizás, de una edad de varios miles de años o aun del Último Máximo Glacial (25.000 años atrás). La edad real de estos remanentes de hielo debe ser aún investigada. Lamentablemente, es posible que este hielo antiguo desaparezca rápidamente por fusión antes de que pueda ser muestreado adecuadamente. El afloramiento rocoso a la derecha de la cueva ha incrementado también su tamaño expuesto, a medida que el frente de hielo retrocedía (Foto: J Rabassa).



Figura 7. La misma cueva de hielo que aparece en la figura 5, en febrero de 2005. Nótese el área iluminada de mayor tamaño en el extremo más alejado de la cueva (Foto: J Rabassa).

Este comportamiento anómalo se debe, probablemente, no a factores climáticos, sino a circunstancias internas, de índole glaciológica, o bien a eventos sísmicos de pequeña magnitud y de tipo recurrente, o ambas causas, cuyos efectos son suficientemente grandes como para producir el deslizamiento parcial de la masa de hielo. Rivera y Cassassa han estimado que el Glaciar Pío XI ha avanzado significativamente en décadas pasadas, probablemente debido a mecanismos de 'surgimiento glacial', variaciones de la línea de equilibrio regional (LEA), y variaciones en la relación con la morfología del glaciar. Sin embargo, consideran que una elevación constante de la LEA conducirá indefectiblemente a una rápida declinación de este glaciar en el futuro. A su vez, en el Parque Nacional Torres del Paine, en Chile, han establecido que la pérdida total de área de los glaciares ha sido de 62,2 km<sup>2</sup> o sea más de 6200 hectáreas, que corresponde al 8% del área cubierta por el hielo en 1945, con un adelgazamiento máximo del hielo de hasta 7,6 m por año, durante el período estudiado. El Glaciar Upsala, el más grande de la Argentina continental y

uno de los mayores de América del Sur y del hemisferio sur, fuera de Antártida, está sufriendo una clara y dramática recesión tanto en su frente como en su espesor. La recesión de su frente ha alcanzado a 8 km, solamente en las últimas décadas (figuras 1, 2 y 3). La porción lotante de su lengua ha colapsado parcialmente luego de que la fotografía de la figura 1 fuera tomada, permitiendo entonces una mayor penetración de los barcos que navegan este brazo con forma de fiordo del Lago Argentino. Entre abril de 1999 y octubre de 2001, el frente del glaciar ha estado fluctuando estacionalmente alrededor de unos 400 m, en contraste con la dramática recesión de años anteriores. Durante ese período, el sector occidental del frente del Glaciar Upsala tuvo aún un neto avance de alrededor de 300 m. Además, sobre la base de imágenes satelitales, Skvarca y colaboradores han determinado la velocidad de formación de témpanos confirmando el aumento de la relación tasa de formación de témpanos / profundidad del agua.





Figura 8. El Glaciar Monte Alvear Este. La porción meridional del margen del hielo, tal como se veía en febrero de 2006. Nótase el tamaño mucho mayor de la cueva de hielo en el sector izquierdo del frente del hielo, con un apreciable adelgazamiento del hielo en el techo de la cueva. El gran bloque de roca que había aparecido en 2005 ha caído del frente del hielo y yace ahora en el suelo frente a él (véase figura 6), indicando que el retroceso del frente del hielo desde la posición que tenía en 2005 es al menos de varios metros más. El remanente de hielo oscuro por debajo del hielo blanco, a la izquierda de la cueva de hielo, está más expuesto aún que en el año anterior. El afloramiento rocoso a la derecha de la cueva ha incrementado asimismo las dimensiones de su exposición (Foto: J Rabassa).



Figura 9. La cueva de hielo que se ha mostrado en las figuras 5 y 7, en febrero de 2006. Nótase la extensión mucho mayor de la cueva de hielo. El túnel de hielo es ahora mucho más corto que en años anteriores. Este sitio es de gran interés turístico pues frecuentes excursiones de *trekking* son ofrecidas comercialmente para visitar las 'Cuevas de Hielo del Alvear'. Es muy probable que en 2007 o 2008 ya no haya más cuevas de hielo para ser visitadas por los turistas, debido al colapso del techo de las cuevas (Foto: J Rabassa).

Un destino similar está afectando a la mayoría de los pequeños glaciares de montaña y las lenguas de descarga que emergen de los mantos de hielo supérfites de Patagonia y Tierra del Fuego, tales como el Manto de Hielo Patagónico Norte en Chile, el Manto de Hielo Patagónico Sur de Argentina y Chile, el Manto de Hielo de la Cordillera Darwin y otros casquetes de hielo menores en el Archipiélago Magallánico en Chile. En el sector argentino de la Isla Grande de Tierra del Fuego, los glaciares de tipo alpino de los Andes Fueguinos están en un abrupto y violento retroceso como se observa en las fotografías correspondientes al Glaciar Martial y el Glaciar Monte Alvear Este (figuras 4 a 10). Muy probablemente, entre los años 2020-2030, la mayoría de estos cuerpos de hielo se habrá desvanecido, generando una pérdida invaluable desde el punto de vista del medio ambiente, el aporte de di-

cha fusión a la hidrología, los recursos hídricos acumulados en las cumbres, los humedales alpinos, y los recursos escénicos y turísticos, así como en términos de patrimonio natural y cultural.

En Patagonia septentrional, las consecuencias han sido similares. El Glaciar del Río Manso, conocido popularmente como el 'Ventisquero Negro', en el Cerro Tronador del Parque Nacional Nahuel Huapi, ubicado en la latitud de 41° S, ha sido objeto de mapeo detallado y estudios glaciológicos y dendrocronológicos. Este glaciar es una lengua de hielo regenerada, formada por debajo de una muy elevada cascada de hielo, en la cual bloques de hielo se desprenden de los glaciares de un casquete de hielo local que ha crecido sobre él.



Figura 11. Fluctuaciones recientes del Glaciar del Río Manso, Cerro Tronador, Parque Nacional Nahuel Huapi, lat. 41° S, Patagonia septentrional, Argentina, en 1972. Este glaciar es una lengua glaciaria de valle, regenerada y cubierta por detritos (Foto: J Rabassa).



Figura 13. Glaciar del Río Manso, en 1998. Nótese la recesión aún mayor del frente del hielo con respecto a la posición de 1982, y la formación de un nuevo lago marginal al hielo, con muchos témpanos, donde antes había un poderoso glaciar (Foto: J Rabassa).



Figura 12. Glaciar del Río Manso, en 1982. Nótese el retroceso significativo del frente del hielo desde las morenas de valle marginales, y la construcción de una morena lateral abandonada, en menor escala que las anteriores, sobre la superficie de depósitos glacialacustres en contacto con el hielo (Foto: J Rabassa).



Figura 14. Glaciar del Río Manso, en 2002. El lago marginal al hielo es ahora muy extenso y el frente del hielo ha retrocedido significativamente hacia la izquierda de la imagen, y los remanentes de hielo oscuro a la derecha de la fotografía se han desvanecido. La porción inferior de este notable glaciar, importante atracción turística del Parque Nacional Nahuel Huapi, desaparecerá muy probablemente durante la próxima década (Foto: J Rabassa).



Figura 15. El Glaciar Castaño Overo, Cerro Tronador, Parque Nacional Nahuel Huapi, lat. 41° S, Patagonia septentrional, Argentina, tal como se veía en 1975. Se trata de un cono de hielo regenerado, formado por avalanchas de hielo aportadas por el glaciar superior, que alcanza a verse en la parte superior de la fotografía (Foto: J Rabassa).



Figura 16. El Glaciar Castaño Overo, en 1987. Este es el mismo cono de hielo de la figura 15. Nótese la presencia de un gran afloramiento rocoso expuesto en la porción central del cono, como consecuencia del adelgazamiento del hielo. Este cono glaciario ha desaparecido totalmente como un cuerpo de hielo permanente y, desde la década de 1990, solo se encuentran ocasionalmente en el lugar avalanchas de hielo estacionales (Foto: J Rabassa).



El estruendo que provocan estas avalanchas de hielo ha dado el nombre a la montaña. Esta lengua inferior está cubierta por detritos rocosos y ha sufrido un colapso dramático durante los últimos 30 años, como puede verse en las figuras 11 a 14. En un valle cercano, el cono inferior del Glaciar Castaño Overo fue el tema de una tesis de graduación en

Geografía en 1983; sin embargo, debido a la intensa fusión de verano no constituye ya un verdadero cuerpo de hielo permanente. Así, en solo 20 años, un objeto de intensos estudios científicos, geográficos y glaciológicos ha desaparecido por completo (figuras 15 y 16).



Figura 17. El Glaciar Casa Pangué, Cerro Tronador, Chile, en 1979. Este es el glaciar de mayor tamaño de Patagonia Septentrional, con una lengua inferior regenerada, la cual está totalmente cubierta por detritos rocosos. Abajo, a la derecha, el recientemente fallecido Jorge Suárez, distinguido montañista y naturalista argentino, miembro del CONICET, colega y amigo, quien se encontraba subiendo la cresta de hielo hacia el bosque supraglaciar, de modo de poder contar con su figura como escala (Foto: J Rabassa).

El Glaciar Casa Pangué, en el sector chileno del Cerro Tronador (figura 17) es el glaciar más grande de Patagonia septentrional. Presenta una lengua de hielo regenerada inferior, similar a la del Glaciar del Río Manso, que se forma también por debajo de inmensas cascadas de hielo en la ladera occidental del Cerro Tronador, un volcán apagado del Plioceno. Esta porción inferior del glaciar está totalmente cubierta por detritos.

La cubierta de detritos tenía de 1 a 2 m de espesor, y era continua y estable cuando fue descrita por primera vez en 1979. Esta cubierta detrítica era tan estable y firme que permitía entonces la formación de morenas en tránsito sobre el glaciar y el desarrollo de suelos en ellas. Sobre estos suelos crecía una réplica, madura, bien desarrollada, casi exacta, del ecosistema boscoso regional que corresponde

a la Selva Pluviosa Valdiviana, presente quizás desde las épocas del Evento de Maunder-Spörer, también llamado 'Pequeña Edad de Hielo', entre los siglos XVI y XIX. Esta comunidad boscosa afincada sobre el glaciar se movía pendiente abajo acompañando el movimiento del glaciar a lo largo de décadas y a velocidades muy pequeñas, y desapareció en algún momento de la década de 1990 a medida que la fusión del hielo del subsuelo hacía al suelo inestable. A consecuencia de ello, los árboles perdían soporte, colapsaban, caían y morían. Este deslumbrante ecosistema, probablemente único en su tipo en el mundo, se desvaneció para siempre como resultado de las fuertes tendencias al calentamiento regional. Este fue quizás una de las primeras víctimas del cambio climático global en esta región y representa la extinción de una singular e irremplazable comunidad natural.

#### La Península Antártica

Los impactos que se han generado por el CCG en la Península Antártica merecen un comentario especial.

Como consecuencia de las mayores temperaturas, las barreras de hielo en el Mar de Eddell han colapsado parcialmente, generando gigantescos témpanos o 'islas de hielo' de decenas de km de longitud, y probablemente no puedan regenerarse en un futuro previsible. También ha ascendido fuertemente la línea de nieve climática regional, particularmente en la costa occidental de la Península Antártica, entre 100 y 200 m en tan solo los últimos 15-20 años. Ello ha generado un sensible aumento de las áreas rocosas descubiertas cerca del nivel del mar en el verano austral, provocando un importante aumento de las áreas de posible colonización por pingüinos y otras aves marinas, lo cual redundará en fuertes incrementos en las respectivas poblaciones, posibles migraciones y otras consecuencias ecológicas de difícil predicción. Pero también provocará la paulatina desaparición de muchos pequeños glaciares en las cercanías del nivel del mar, asfixiados por la reducción de sus cuencas de acumulación, el aumento de procesos de deslizamiento y colapso glacial, el incremento de los aportes hídricos al mar, modificando su salinidad, y la fusión parcial del permafrost.

Finalmente, el desplazamiento hacia el norte de la Corriente Circumpolar Antártica como consecuencia del CCG podría provocar impactos oceanográficos, climáticos y ecológicos imprevisibles en el extremo sur de América del Sur. Desde hace mucho tiempo se conoce que los impactos del cambio climático global serán mayores en las regiones de altas latitudes; Patagonia, Tierra del Fuego y la Península Antártica son excelentes ejemplos de esto, triste y mudo testimonio de los daños ambientales producidos por la insensatez humana.

La pérdida de los glaciares patagónicos, los cuales probablemente han existido por los últimos 100.000 años en forma continua y que han sido seriamente afectados por la actividad humana en tan solo los últimos 200 años, desde el Evento de Maunder-Spörer o 'Pequeña Edad de Hielo', provocará daños incalculables a la actividad turística, hoy en parte dependiente de su existencia y preservación. En otras regiones de la Argentina, tal como Cuyo y de otras partes del mundo como Chile central; Sierra Nevada de Santa Marta, en Colombia; el Tíbet; África oriental, etc., los glaciares y neveros participan además intensamente con su aporte de deshielo en procesos de irrigación agrícola o proveen agua potable para áreas habitadas.

Por otra parte, los glaciares del Parque Nacional Glaciares han sido considerados Patrimonio de la Humanidad por UNESCO, la misma humanidad que los ha condenado en tan breve plazo.

#### Agradecimientos

Los estudios realizados en la Cordillera Patagónica fueron, financiados en distintas oportunidades por CONICET, SECYT, Fundación Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, UNESCO, National Geographic Society (EEUU), University of Wisconsin-Madison (EEUU), entre otras instituciones.

Los materiales y datos del Monte Alvear, Tierra del Fuego, presentados aquí, han sido obtenidos en el transcurso de trabajos aún en desarrollo en colaboración con la Dra. Andrea MJ Coronato (CADIC-CONICET, Ushuaia) y el Dr. Augusto Pérez Alberti y colegas de la Universidad de Santiago de Compostela, España, quienes además han colaborado parcialmente en su financiamiento.