

**EL CONOCIMIENTO DE LA CRIÓSFERA
CONTINENTAL DEL NO. DE ARGENTINA**

Su comportamiento ante el calentamiento global

*Comunicación efectuada por la Dra. Ana Lía Ahumada
en la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires
en la sesión privada extraordinaria
del 15 de septiembre de 2008*

Resumen

La criósfera está representada en las altas montañas del NO argentino por la presencia de permafrost de montaña con glaciares de escombros. Los glaciares de escombros activos, se encuentran ubicados de S a N en alturas desde 4.000 a 4.850 m s.n.m. en la región.

Los cambios producidos por el calentamiento global se manifestarán como descongelamiento del permafrost. Esto facilitará la erosión de las laderas y deslizamientos. Estos sucesos generarán grandes cambios en las comunidades de montaña generando modificaciones en sus economías.

Es necesario el reconocimiento areal del permafrost de montaña para generar mecanismos de prevención de riesgos y disminución de vulnerabilidad regional.

Abstract

In the NW high mountains of Argentina, the cryosphere is represented by mountain permafrost. The active rock glaciers are situated in this region between 4,000 - 4,850 m. s. n. m. The active front altitude increases from S to N.

The warming global changes can provoke permafrost thawing. The melting of permafrost could cause slope erosion as well as rock falls.

Potential negative impacts in the terrain stability and hydric resources must be considered in the future of this region.

Introducción

Los efectos del Cambio Climático Global afectan fuertemente los parámetros físicos que condicionan la estabilidad de la criósfera del planeta. La criósfera es el sistema de la Tierra que permanece congelado por un año o estacionalmente. Está constituida por la cobertura de nieve, mares, lagos y ríos congelados, glaciares, calotas glaciales y suelos permanentemente congelados o permafrost.

Las montañas son los ambientes más sensibles de nuestro globo y son tomadas como indicadores de cambio climático. En el futuro, serán objeto de observaciones de primera magnitud con respecto a la criósfera; fundamentalmente por el concepto desarrollado por

Messerli e Ives en los 90 que definieran a las montañas como las torres de agua del mundo. Las regiones de montaña contienen muchos intereses humanos, pero en lo que respecta al uso de la criósfera, en particular el agua, su gestión es poco clara. Por ejemplo: la producción de energía hidroeléctrica, con seguridad óptima, no es obvia a largo plazo con el descongelamiento de los glaciares, ya que se incrementarán los caudales y la sedimentación y habrá un aumento en la inestabilidad de las pendientes. Al disminuir la resistencia mecánica de las laderas por descompresión, se generarán desastres naturales como movimientos en masa o flujos de detritos. De igual manera el descongelamiento del permafrost facilitará la erosión de las laderas y deslizamientos. Estos sucesos producirán grandes cambios en las comunidades de montañas y próximas, generando modificaciones en sus economías, por lo que se hace cada vez más necesario tener un conocimiento concreto de las regiones que podrán ser afectadas y generar mecanismos de prevención de riesgos y disminución de vulnerabilidad regional.

Los glaciares y el permafrost reaccionan rápidamente a aumentos de temperatura debido a su relación directa con el punto de descongelamiento. El calentamiento global del siglo XX ha incidido marcadamente en las regiones glaciales y periglaciales de alta montaña del mundo, indicando una tasa acelerada de cambio. Si este régimen climático se mantiene, se puede producir la desaparición de glaciares de montaña y el descongelamiento profundo de suelos permanentemente congelados (permafrost).

En la Cordillera de los Andes las temperaturas del siglo XX se han incrementado en $0,62^{\circ}\text{C}$ entre 1901-1997, aumentando en $0,4$ grados por encima de lo esperado durante los 90. Estas temperaturas tienden a reflejar la señal de calentamiento global. Entre 30°S y 30°N se ha medido entre los años 1958-1990, un fuerte ascenso del nivel de congelamiento del aire que varía entre 100 a 150 m. Francou, tras 20 años de investigación en glaciares de los Andes de Perú, Bolivia y Ecuador predice que en los primeros 15 años de este siglo, el 80 % de los glaciares de América del Sur desaparecerán. Adjudica el rápido retroceso de los glaciares de Ecuador en los 80, al calentamiento del Océano Pacífico.

En este marco de situación, numerosas asociaciones científicas internacionales (GLOCHAMORE Project-UNESCO-MAB, MRI, GSA y la IUGS) enfatizan la necesidad de controlar y monitorear cambios en el paisaje que ocurran en períodos inferiores a 100 años, especialmente en regiones con alto riesgo de desastres naturales.

La criósfera se encuentra representada en las altas montañas del NO argentino por la presencia de permafrost de montaña, el que se manifiesta topoclimáticamente por la presencia de glaciares de escombros y una asociación de geofformas menores generadas por el congelamiento permanente o estacional de los suelos.

Los glaciares de escombros activos, indicadores de permafrost discontinuo, se encuentran ubicados de S a N en alturas desde 4.000 a 4.850 m s.n.m. en la región. Los glaciares de escombros son importantes porque producen un volumen de agua semejante al generado por glaciares de hielo; el agua que liberan tiene menos material suspendido que el de los glaciares y su núcleo de hielo se encuentra protegido, de manera que serían más resistentes en el tiempo a las modificaciones de temperatura de altura. Sus condiciones de estabilidad geoecológica en el NO de Argentina son resilientes, todavía, a las modificaciones de la temperatura en altura.

Características del permafrost. Su sensibilidad a los cambios climáticos

El permafrost es una condición térmica: si los suelos permanecen congelados permanentemente por más de dos años se denominan permafrost (International Permafrost Association, 1994); su formación, persistencia o desaparición son altamente dependientes del clima. Su distribución, temperatura y espesor son afectados por cambios ambientales naturales y disturbios antropogénicos que causan alteraciones en el régimen térmico del suelo.

No todo el permafrost existente en la actualidad está en equilibrio con el clima actual. En las regiones de permafrost discontinuo, donde la temperatura del permafrost está cerca de 1-2° C del descongelamiento, el permafrost puede fácilmente desaparecer como resultado de los cambios en la temperatura del suelo asociados, al calentamiento climático global.

La interacción entre el clima sobre el suelo y el clima debajo del suelo es compleja, y dependiente de algunos factores, muchos de los cuales son afectados por los cambios climáticos. Los cambios climáticos que ocurren sobre el suelo, son muchas veces amortiguados debajo del suelo por el efecto aislante de la vegetación, materia orgánica o la cubierta de nieve. Generalmente hay un retardo entre las modificaciones de la temperatura de superficie y el cambio de temperaturas del permafrost en profundidad: si el permafrost es espeso

este retardo puede ser del orden de cientos o miles de años, si el permafrost es fino, años o décadas.

Glaciares de escombros. Descripción

Los glaciares de escombros son geoformas criogénicas que constituyen el permafrost discontinuo o insular en las altas montañas del mundo. Son mesoformas sedimentarias formadas por rocas y detritos congelados, con hielo lenticular e intersticial que se mueven pendiente abajo muy suavemente, a bajas velocidades ($0,1 - 1,0 \text{ ma}^{-1}$), por medio de deformación plástica y reptación del permafrost (Trombotto y Ahumada, 2005).

Los glaciares de escombros se caracterizan por el desarrollo de arrugas o lomadas paralelas a la dirección del flujo y por una pendiente frontal cercana al ángulo de reposo ($35^\circ - 40^\circ$). Su parte superior está cubierta, usualmente, por grandes clastos ($0,1 - 5,0 \text{ m}$). Suman, además, zonas de hoyos o depresiones, que se observan a veces y que se considera que son provocadas por el descongelamiento parcial o completo de los cuerpos de hielo interno. Los glaciares de escombros activos son comunes en las altas montañas y en los polos, aunque se ha descrito su presencia en regiones de condiciones climáticas templadas y tropicales: tal el caso de esta presentación. Los glaciares de escombros se presentan debajo de la línea de nieve y por arriba del límite inferior del permafrost discontinuo.

El modelo climático, que representa la actividad de los glaciares de escombros, fue definido por Haeberli: el límite superior de precipitación anual para la formación de glaciares de escombros es de 2.500 mm anuales y -2° C de temperatura y el inferior, 400 mm anuales y -15° C de temperatura.

La presencia de permafrost discontinuo en el NO de Argentina

En la región de Puna del NO argentino Catalano en 1927 señaló la presencia de masas rocosas aglomeradas por hielo que fluían por gravedad a modo de un glaciar, similitud por la que los denominó litoglaciares.

En la región del Acay y los Nevados de Palermo-Cachi, Igarzábal en 1983 realiza un inventario de glaciares de escombros activos e

inactivos, encontrando el límite inferior de los glaciares de escombros en 4.500 m s.n.m. Schellenberger en 1998 determina para la ladera oriental de la Sa. de Cachi glaciares de escombros activos en 4.650 m s.n.m. y en la ladera occidental en 4.850 m s.n.m.

En la Sierra de Santa Victoria, Corte, Ahumada y Trombotto en 1982 reconocen glaciares de escombros activos a 4.300 m s.n.m. En la misma región Zipprich en 1998 distingue tres generaciones de glaciares de escombros.

Ahumada, Ibáñez Palacios y Páez (2005) realizan el inventario de glaciares de escombros de la ladera oriental de la Sa. de Aconquija, indicando el límite más bajo de actividad en 4.000 m s.n.m. y se calcula el volumen de agua contenido aproximadamente en estas geoformas. Ibáñez Palacios y Ahumada en 2006 recientemente delimitan dos regiones altitudinales de acción periglacial en el Parque Nacional Los Alisos: un nivel inferior, entre 2.000 y 4.000 m s.n.m. de congelamiento estacional y un nivel superior, de 4.000 a más de 5.000 m s.n.m. con congelamiento permanente. Páez y Ahumada en el mismo año identifican glaciares de escombros activos a 4.500 m s.n.m. en el Río Cerrillos, permafrost discontinuo en la vertiente seca de la Sierra de Aconquija. En esa vertiente, Ahumada e Ibáñez Palacios reconocen un glaciar de escombros activo en el río Pajanguillo a 4.283 m s.n.m.

Ahumada, Ibáñez y Páez (2008a), en las nacientes del Río Santa María, Nevados de Catreal (entre los 26° 6' y 26° 15') determinaron áreas con permafrost andino: glaciares de escombros, acuíferos de altura congelados y geoindicadores de calentamiento global. Altitudinalmente se encuentran activos entre 4.254 y 4.898 m s.n.m.

En Cumbres Calchaquíes el mismo grupo de investigadoras (2008b) ha detectado la presencia de glaciares de escombros activos por arriba de los 4.270 m s.n.m.

Conclusiones

En esta última década se han logrado reconocer nuevas áreas de localización de permafrost andino mediante inventarios de glaciares de escombros que pasarán a engrosar el registro de glaciares y de glaciares de escombros de Argentina.

A su vez esta información deberá ser incrementada con el monitoreo de las geoformas, con el objeto de establecer modelos regionales para la prevención de riesgos.

El alcance de esta información en esta región de la criósfera continental tiende a ser un aporte para mejorar los planes de ordenamiento territorial en vastas y alejadas regiones de Argentina, que esperan para lograr su desarrollo, proyectos y obras sustentables en el tiempo.

Agradecimientos

La autora expresa su agradecimiento a la Fundación Miguel Lillo y al CONICET por la provisión de subsidios de Investigación.

Agradece a la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires su honrosa invitación.

Bibliografía

- Ahumada, A. L., Ibáñez Palacios, G. P. y Páez, S. V. 2005a. "High Mountain permafrost in the argentine subtropic", *Terra Nostra*, 05/1: 9. Berlin.
- Ahumada, A. L., Ibáñez Palacios, G. P. y Páez S. 2008a. "Reconocimiento de *permafrost andino* en las nacientes del Río Santa María, Catamarca. IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida, Catamarca, setiembre de 2008. En prensa.
- Ahumada, A. L., Ibáñez Palacios, G. P. y Páez, S. V. 2008b. "Geoindicadores de calentamiento global en cumbres calchaquíes", JUNGRA 2008, Tucumán, octubre de 2008. En prensa.
- Trombotto, D. T. A. y Ahumada, A. L. 2005. "Los fenómenos periglaciales. Identificación, determinación y aplicación", *Opera Lilloana* N° 45, 131 págs.

Fundación Miguel Lillo - CONICET
Miguel Lillo 251- 4000 San Miguel de Tucumán
ana-ahumada@argentina.com.