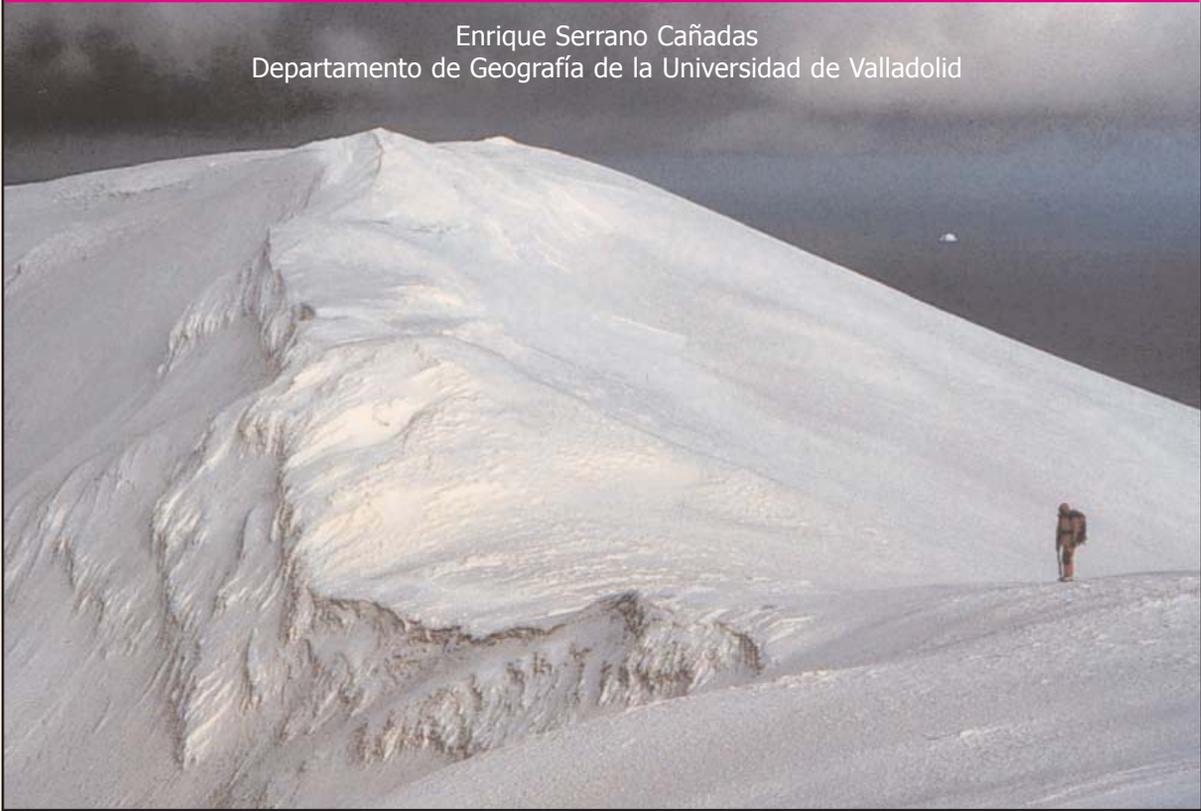


Glaciares, Permafrost y Cambio Climático

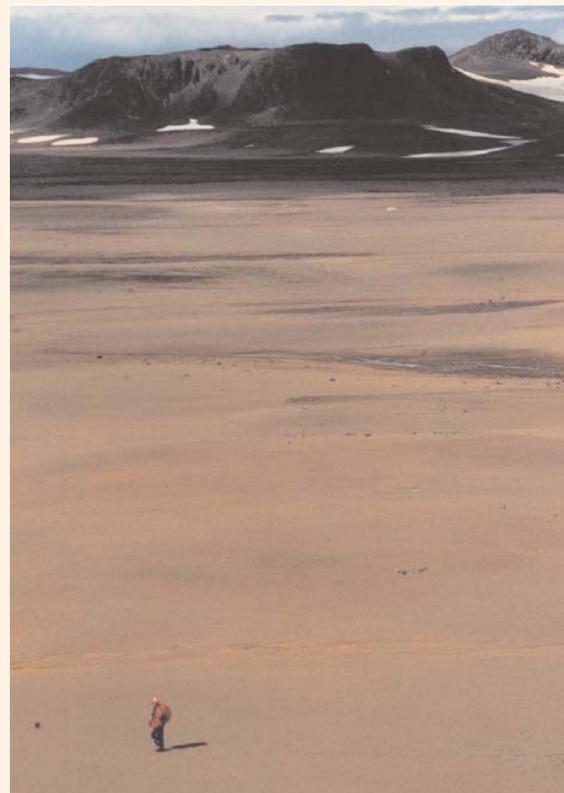
Enrique Serrano Cañadas
Departamento de Geografía de la Universidad de Valladolid



Domo de hielo en la Antártida marítima, Isla Decepción. (E. Serrano)

La criosfera, porción del planeta caracterizada por la presencia de agua helada y temperaturas por debajo de 0°C , se localiza en dos ámbitos principales, en la alta montaña de los macizos más elevados de la Tierra, y en las altas latitudes. Es éste un medio natural muy dinámico, con cambios estacionales y anuales muy intensos, que se caracteriza sobre todo por su sensibilidad a los cambios, ya sean naturales o inducidos, y por su fragilidad. La rápida respuesta a los cambios hace de ellos interesantes observatorios del medio natural y de los cambios ambientales. Los glaciares y el permafrost son los elementos más significativos de la criosfera, por su extensión e importancia como reguladores de estos sistemas. Ambos son frágiles, pues están condicionados por la existencia de unos umbrales térmicos, y sensibles, al responder con ciclos cortos a los cambios ambientales (termicidad, humedad, dinámica geomorfológica, colonización vegetal...).

Hoy sabemos que la naturaleza se caracteriza sobre todo por la constante evolución, en sucesiones de adaptaciones a los cambios estructurales o dinámicos de los distintos componentes. Es en este marco donde se inscribe la comprensión del cambio climático, hoy día cada vez mejor conocido para el Pleistoceno medio y reciente, cuando se suceden climas muy contrastados cuyas causas del cambio son exclusivamente naturales. Sin embargo, en la actualidad, a partir de los esfuerzos científicos realizados para conocer el comportamiento del sistema terrestre, podemos afirmar, siguiendo el infor-



Plataforma periglacial con permafrost en la Antártida marítima, isla Livingston, Shetland del Sur. (E. Serrano)

me del IPCC (2004), que los cambios han sufrido una aceleración reciente en el mismo sentido que los cambios naturales, ahora provocados por la intervención humana sobre la atmósfera, así como sobre las aguas y el suelo. Ruddiman (2003) ha denominado como "Era Antropógena" a la actual, caracterizada por la modificación del clima por la hombre, a partir de las roturaciones, deforestaciones, puestas en cultivo de amplias superficies de Eurasia y emisiones a la atmósfera, desde hace aproximadamente 8.000 años B.P., y las respuestas ambientales a las intromisiones antrópicas en el sistema natural, acelerados con la revolución industrial y el desarrollo tecnológico del siglo XX. Si desde el inicio del Holoceno la humanidad interviene sobre el medio y la atmósfera, alterando la estructura y dinámica ecológica, geomorfológica y paisajística en las latitudes donde fue capaz de asentarse, en los últimos 200 años ha desarrollado la capacidad suficiente para acelerar el proceso y que los efectos de dichos cambios sean planetarios, visibles y evaluables.

La criosfera, y sus elementos más significativos, como los glaciares y el permafrost, participan en la retroalimentación que induce a nuevos cambios ambientales pero, sobre todo, nos sirven como indicadores del cambio a través de su adaptación y respuestas a las nuevas dinámicas ambientales (Beniston, 2000; Nesje y Dahl, 2002). Que el clima está cambiando, que el sistema natural funciona con una intromisión derivada de las actividades humanas, es una realidad para la comunidad científica desde múltiples perspectivas, por lo que el estudio de los elementos más dinámicos o sensibles del sistema natural son útiles, no tanto para explicar el porqué del cambio climático, como para conocer sus consecuencias, y predecir y mitigar los impactos, tanto sobre las sociedades, como sobre el propio sistema natural.

Las respuestas ambientales al cambio climático poseen unas jerarquías escalares, de tal modo que existirán unas repercusiones locales, regionales o planetarias. Las dos primeras escalas tienen unas consecuencias climáticas (microclimáticas, topoclimáticas y mesoclimáticas), pero también ecológicas, geomorfológicas, geoecológicas y humanas, así como derivadas de los riesgos naturales, la más clara interrelación entre los cambios naturales y las respuestas sociales, pues es en las organizaciones sociales a escalas locales, comarcales, regionales o nacionales donde su incidencia es mayor. En estas escalas, los glaciares y el

permafrost son elementos muy activos en la dinámica natural (geomorfológica, hidrológica) e intervienen en la peligrosidad y los riesgos naturales. La escala planetaria, que no trataremos en este trabajo, afecta a la dinámica atmosférica y a los cambios de climas, que inciden y dirigen la dinámica de las escalas mayores.

Los glaciares y el cambio climático

Los glaciares constituyen un sistema muy dinámico dirigido por el balance de masa. La pérdida o ganancia de masa está en relación con la acumulación anual, esto es, con las precipitaciones y las temperaturas, que hacen variar anualmente la altitud de la Línea de Equilibrio Glaciar (ELA). La ELA señala la altitud en la que el glaciar pasa de la dinámica de acumulación a la de ablación, allí donde el balance de masa es igual a 0. La relación entre precipitaciones en forma de nieve o el régimen térmico ocasionan el ascenso o descenso en altitud de la ELA y la ganancia o pérdida de masa de los glaciares, que de este modo avanzan, cuando el balance de masa es positivo, o retroceden, cuando es negativo. La dependencia directa del régimen térmico y de temperaturas hacen de los glaciares uno de los sistemas más sensibles al cambio climático, con rápidas respuestas que



Retroceso del glaciar Tchierva, macizo del Bernina, en los Alpes orientales, entre 1898 (A) y 1987 (B). A, foto J.C. Heer, 1899. B, foto R.C. Bachmann, 1977.

implican avances o retrocesos de las masas de hielo.

Los glaciares actuales han sufrido una constante pérdida de masa a lo largo de todo el siglo XX, iniciándose el proceso en la segunda mitad del siglo XIX (Zümbuhl y Holzhauser, 1988; Grove, 2004). Tras el enfriamiento climático de la Pequeña Edad del Hielo, sucedido en Europa entre el siglo XIV y finales del XIX, que afectó a todo el planeta y se caracterizó por las sucesivas fluctuaciones glaciares y variaciones climáticas (ver cuadro 1), se inicia el retroceso generalizado de los glaciares.

Pero las respuestas a las variaciones climáticas son diferentes según las características de los glaciares. Para los glaciares alpinos de reducido tamaño la pérdida en longitud son mínimas, con retrocesos menores de 400 metros, sin embargo los glaciares de mayor desarrollo, con lenguas de más de 10 Km., los hielos han retrocedido más de un kilómetro, con significativos cambios de paisaje en las montañas del mundo. Por el contrario, en la Antártida continental donde la fusión total del hielo implicaría un ascenso del nivel del mar de 65 metros, la respuesta es lenta, pues la ELA está muy próxima al nivel del mar y carecen de una extensa zona de ablación (King y Turner, 1997).

En la Península Ibérica esta pulsación se reflejó en los macizos más elevados, con el desarrollo de glaciares, hoy desaparecidos o en retroceso. En los Picos de Europa se ha constatado la desaparición reciente de los glaciares, culminado ya a principios de siglo XX, y en Sierra Nevada también existió un glaciar en el siglo XIX, el famoso glaciar del Veleta, hoy completamente desaparecido y sustituido por un medio con interesantes procesos ligados al frío. En Los Pirineos existe abundante documentación desde principios de siglo que

| Fases frías en Europa (Le Roy Ladurie, 2004) | | Evolución glaciar en los Pirineos (Serrano et al. 2002) | |
|---|-------------------|---|--|
| 1303-1380 | + frío | | |
| 1380-1560 | - frío | | |
| 1560-1600 | + frío | | |
| 1640-1670 | Avances glaciares | 1600-1750 | Máximo avance glaciar |
| 1815-1860 | - frío | 1750-1820 1885-1897 1905-1920 1920-1980 1980-2004 | Equilibrio (pulsaciones menores) Avance menor Avance menor Retroceso generalizado Retroceso drástico |

Cuadro 1: Evolución glaciar desde la Pequeña Edad del Hielo (1300-1860)



Localización de los glaciares actuales y glaciares rocosos del Pirineo español. En círculo los macizos con glaciares.

| MACIZOS | Superficie en H ectáreas. | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1894 | 1982 | 1991 | 1994 | 1998 | 1999 | 2001 |
| Balaitous | 55 | 18 | 15 | 13 | 5 | 2 | 0 |
| Infierno | 88 | 62? | 66 | 55 | 43 | 41 | 41 |
| Viñemal | 40 | 20 | 18 | 17 | 8 | 6 | 2 |
| Taillón | - | 10 | 2 | 2 | 1 | <1 | 0 |
| M. Perdido | 556 | 107 | 90 | 74 | 52 | 48 | 44 |
| La Munia | 40 | 12 | 10 | 8 | 3 | 0 | 0 |
| Posets | 216 | 55 | 48 | 48 | 35 | 34 | 34 |
| Perdiguero | 92 | 10? | 17 | 9 | <1 | 0 | 0 |
| Aneto- Mal ^a . | 692 | 314 | 302 | 249 | 169 | 163 | 162 |
| Besiberri | -- | -- | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| TOTAL | 1779 | 608 | 574 | 481 | 322 | 300 | 290 |

Cuadro 2: Extensión de hielo en los macizos pirenaicos españoles. Fuente: Programa ERHIN



Glaciares de Aneto y Maladeta en 2004. (E. Serrano).



Glaciar rocoso y helero de Posets (Pirineos). Se observa la lengua del glaciar rocoso y en la cabecera el helero de Posets. (C. Lambiel)

muestra tanto el retroceso como la desaparición de algunos glaciares pirenaicos. Un ejemplo representativo es el glaciar de Monte Perdido, que, entre 1905 y la actualidad, ha perdido el 81% de su masa y ha retrocedido 750 metros, con su frente 300 metros más alto. En conjunto los glaciares españoles del Pirineo, situados en los macizos del Infierno, Monte Perdido, La Munia, Posets y Maladeta, a los que se suman en la vertiente francesa Balaitous, Vignemale o Neouvielle, se caracterizan por el retroceso continuo desde finales del siglo XIX (ver cuadro 2). Su superficie ha pasado de 1.779 Ha en el año 1894, a 290 Ha. en el 2000. En conjunto, desde finales del siglo XIX, cuando alcanzan la máxima extensión histórica, han perdido un 80% de su masa con un incremento de su velocidad de fusión a partir de los años 80. E. Martínez de Pisón y M. Arenillas han constatado cómo desde los años 80, en que realizan su primer inventario (Martínez de Pisón y M. Arenillas, 1988) hasta hoy, han desaparecido 17 glaciares de Los Pirineos.

Las tendencias actuales en pérdida de masa indican que, para las mismas condiciones ambientales, en 2050 la superficie ocupada por el hielo será menor de 64,5 Has, y entre el 2050 y el 2070 los glaciares desaparecerán. Según el ritmo de ascenso de la ELA, ésta se situaría por encima de 3.100 metros entre 2046 y 2053, por lo que sólo algunos glaciares (Maladeta, Aneto y Monte Perdido), con su zona de acumulación actual por encima de los 3.100 m de altitud, podrían perdurar, pero reducidos a pequeños lentejones de hielo cobijados en altura.

Permafrost y cambio climático

El permafrost, término anglosajón para designar suelos permanentemente helados, se define como un estado térmico del subsuelo, cuando una porción del sustrato o el suelo permanece a una temperatura inferior a 0°C durante más de un año. Constituye un medio muy



Arriba: Glaciar de Monte Perdido. A, 1910, B, 2004.
Abajo: Cuadro 2: Inventario de glaciares y heleros pirenaicos desde 1980
Fuente: Programa ERHIN

| AÑOS | 1980 | 1991 | 1994 | 1999 | 2000 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| GLACIARES | 27 | 17 | 13 | 10 | 10 |
| HELEROS | 9 | 19 | 19 | 16 | 9 |
| TOTAL | 36 | 36 | 32 | 26 | 19 |

dinámico al estar en relación con la temperatura atmosférica, que implica la fusión parcial y el rehielo, en ritmos anuales, de la porción superior, en contacto directo con la atmósfera. Es la denominada "capa activa", porción descongelada entre la superficie y el permafrost, de espesor variable estacionalmente, cuyo contacto es el techo o tabla del permafrost. Este es un ámbito de especial interés, pues es el contacto entre la zona con agua líquida, permeable y de elevada disponibilidad hídrica, y la masa congelada e impermeable.

El permafrost ocupa una amplia extensión en el Ártico, donde existen zonas con permafrost continuo, en las más altas latitudes, permafrost discontinuo, al sur de los 65°N, o esporádico, definido por la presencia de extensiones menores de permafrost que ocupan menos de un 10%, al sur de los 60°N. En las montañas, el permafrost se distribuye en altitud y sus peculiaridades permiten hablar de "permafrost de montaña" desde que J. Ives lo estudiara en las montañas rocosas en los años 70. El permafrost se asocia a unas condiciones ambientales y dinámicas muy concretas; temperaturas medias anuales menores de -2°C, temperatura media anual del suelo menor de 0°C y el freático siempre muy próximo, aunque también muy variables (Williams y Smith, 1989). Es un ámbito con intensos procesos geomorfológicos ligados a la segregación de hielo, los ciclos de hielodeshielo, fusión y saturación, que genera amplios cortejos de formas indicadoras de permafrost, tales como glaciares rocosos, suelos ordenados, formas de gelifluxión, pingos o palsas. Todas ellas nos señalan no sólo la presencia de permafrost, sino de condiciones paleoambientales cuando son relictas.

El conocimiento del permafrost y su dinámica necesita la obtención de cartografías temáticas, el régimen térmico del suelo, las características físico-químicas y el seguimiento de la dinámica de los procesos. Para ello, los sondeos mecánicos, geoelectricos, de radar, la medición de las tempera-

turas basales del manto nival o la auscultación de procesos, son esenciales para el control de los cambios y las consecuencias sobre el medio natural, así como el registro continuo de las variables físicas en profundidad y en la atmósfera. Todo ello se realiza en Alaska desde los años 70 y hoy se cuenta con programas internacionales coordinados para el emplazamiento de puntos de muestreo y la sistemática de registros. En la II Conferencia Europea sobre Permafrost celebrada en Potsdam en junio de 2005, se han presentado los resultados de decenas de investigaciones en curso durante más de 30 años, que muestran un ascenso de la temperatura del permafrost, un incremento de la capa activa y un adelgazamiento en su parte inferior, tanto en Alaska, como Canadá o Siberia. El profesor Osterkamp ha mostrado el incremento en el calentamiento del permafrost en Alaska en los años 80, continuado posteriormente, así como los elevados registros de fusión basal desde el año 2000.



Deslizamientos asociados a la presencia de permafrost en la Antártida marítima. Isla Elefante, islas Shetland del Sur. (E. Serrano)

En Los Pirineos o en la Antártida (ver cuadro 4, más abajo) hemos obtenido un primer estado del permafrost a partir de las metodologías expuestas, que señalan dos ámbitos con permafrost muy sensibles a los cambios ambientales y muy inestables actualmente (Serrano et al. 1996; 2001; Lugon et al. 2005). Los glaciares rocosos son indicadores de la existencia de permafrost que permiten ubicar su presencia y distribución (Serrano et al. 1999; Serrano y López, 2000). En los Pirineos, donde existen 13 glaciares rocosos activos, se ha emprendido el estudio detallado de los mismos, lo que ha permitido corroborar la existencia de cuerpos helados de más de una decena de metros y en el glaciar rocoso de las Argualas un movimiento medio de 32,8 cm/año en su porción central (entre 1991 y 2000). Se trata de procesos activos durante los últimos 6000 años, algunos generados incluso en los últimos 300 años, asociados a la existencia de permafrost y a los cambios ambientales Holocenos y de la Pequeña Edad del Hielo.

| Tipo | PIRINEOS | | ANTÁRTIDA MARÍTIMA | |
|-------------|--------------------|--|--------------------|-------------------------------|
| | Altitudes m.s.n.m. | Estado | Altitudes m.s.n.m. | Estado |
| Esporádico | >2250 | Local, inestable | 0-20 | Inestable |
| Discontinuo | 2650-3100/3200 | En desequilibrio con las condiciones ambientales | 10/15-30/35 | Equilibrio inestable |
| Continuo | >3000/3100 | | 25/30->300 | Equilibrio, huellas de fusión |

Cuadro 4: Estado del permafrost en los distintos tipos y ámbitos geográficos considerados en el artículo.



Glaciar de La Paúl (macizo de Posets, Pirineos) y arco morrénico frontal de la Pequeña Edad del Hielo. (E. Serrano).

Indicadores y cambios

La evolución reciente de la criosfera y su control permiten realizar predicciones máximas y mínimas para la fusión de los glaciares o del permafrost, la disponibilidad hídrica o los cambios ecológicos. Para los Pirineos se ha calculado una drástica reducción o desaparición de los glaciares entre 2050 y 2070, en procesos similares a los ocurridos recientemente en los Picos de Europa o Sierra Nevada. Estos ámbitos serán únicamente ocupados por ambientes con permafrost en lugares muy favorables, constituyendo un conjunto deglaciado con neveros y permafrost esporádico, donde la dinámica geomorfológica y el régimen hidrológico son muy diferentes a los actuales.

Los efectos regionales o planetarios derivados de la fusión de los glaciares antárticos, por el contrario, dadas las bajas temperaturas, pueden implicar el desarrollo del permafrost en las zonas recientemente deglaciadas, como ha sucedido en ambientes volcánicos de la Antártida marítima. En ambos medios, el ascenso de las isoterma -2°C y -8°C , que implican la eliminación, en el primer caso, o la alteración, en el segundo, de las condiciones ambientales de permafrost, propician su inestabilidad, con fusiones, procesos de rehecho, circulación hídrica y movimientos en masa que ejercen un importante control ecológico. Aún así, el permafrost permanecerá como relictos, pues como ha señalado el profesor Gilichinski en Siberia, se necesitan elevaciones térmicas de 20° para la fusión de los grandes cuerpos helados del subsuelo. Los cambios en la capa activa y la tabla del permafrost, en la profundidad y variabilidad anual, implican la saturación de las formaciones superficiales, y favorece la existencia de vegetación herbácea, frente al desarrollo de los bosques, con deterioros de los mismos en el ámbito subártico marítimo. Junto al ascenso de las isotermas, y en relación con las variaciones de humedad y precipitaciones, se produce un ascenso de la ELA que implica la pérdida de masa glaciar. Esta se producirá prioritariamente en los ámbitos más inestables, como la Antártida marítima, frente a la Antártida continental, o Los Pirineos. De no cambiar las condiciones actuales, asistiríamos al proceso de deglaciación y desaparición de los glaciares y el permafrost en Los Pirineos, o a una drástica reducción en la Antártida marítima, con la desaparición parcial o total de la criosfera en estos ámbitos, y repercusiones ambientales locales y regionales.

El retroceso o desaparición de los glaciares tiene importantes repercusiones geológicas a escala local, derivada de los cambios de disponibilidad hídrica en el

suelo, los procesos geomorfológicos y la exportación de sedimentos mediante procesos torrenciales y movimientos en masa, y la colonización vegetal de los espacios deglaciados. Estos procesos afectarán a la alta montaña pirenaica, como está sucediendo y ha sucedido en los Picos de Europa o Sierra Nevada.

A escala regional, se suman a las implicaciones geológicas las mesoclimáticas. Se producen cambios en los regímenes hidrológicos, de glaciar a nival, e incrementos de la escorrentía por fusión, con pérdidas de las reservas de agua y estiajes más pronunciados. Los cambios hidrológicos significan intensos déficit hídricos estivales, con inundaciones y flujos de derrubios asociados a los periodos de fusión nival o intensas precipitaciones.

A escala planetaria, las consecuencias presentan una mayor complejidad derivada de tres procesos: los cambios climáticos relacionados con la pérdida de espesor de los grandes campos de hielo de la Tierra; el eustatismo, variaciones del nivel del mar que implican anegamiento de zonas costeras bajas, alteraciones en las corrientes marinas y su caracteres térmicos e incidencia en las plataformas de hielo, los glaciares activos que alcanzan el mar; y glaciostáticos, derivados de las respuestas de la corteza continental ante la liberación de las masas de hielo, que compensa el eustatismo y eleva los macizos deglaciados e incluso los márgenes de las placas, variando los límites costeros, las altitudes de los macizos montañosos y las dinámicas geomorfológicas relacionadas con los procesos litorales y de montaña.

Los cambios ambientales asociados al deterioro del permafrost en las altas latitudes y la alta montaña también presenta intensos procesos de cambio asociados a los desequilibrios térmicos. A escala local, en el subártico escandinavo se han detectado cambios de formaciones arbóreas a turberas, por saturación del subsuelo en periodos de fusión del permafrost, mientras en el ártico canadiense, en Baffin, se ha registrado en los últimos 10 años un incremento de la colonización vegetal y un enriquecimiento en especies herbáceas a favor de regímenes térmicos menos rigurosos en el suelo.

A escala regional se producen pérdidas de reservas de agua del subsuelo y

cambios en la dinámica de los acuíferos de las altas latitudes y de la montaña, con importantes repercusiones hidrológicas. En términos generales se produce una inestabilidad y desequilibrio del sistema natural que implica la saturación de la capa activa durante periodos anuales más largos, con puntas de disponibilidad hídrica más breves e intensas, movimientos en masa derivados de la saturación, flujos de derrubios, deslizamientos de laderas, desestabilización de suelos y sustratos. Los cambios térmicos que afectan a la capa activa y al suelo tienen implicaciones microclimáticas, con destabilización del manto nival y fusiones más rápidas en primavera. Todo ello tiene una gran importancia para la gestión de los riesgos naturales, de especial interés en montañas habitadas, donde afecta a las infraestructuras de comunicaciones y turismo (teleféricos, remontes, refugios, etc), la explotación de recursos naturales (hidroeléctricos), y la inestabilización de las laderas, todos ellos riesgos de primera magnitud en Los Alpes. A escala planetaria es el Ártico y los cambios en el ámbito de permafrost, donde se producen estas implicaciones, ligadas a cambios sinópticos y de la dinámica atmosférica en el hemisferio norte.

Ambos sistemas asociados implican unas relaciones complejas que es necesario conocer. La extensión de las altas latitudes y la humanización de las montañas del mundo, así como la cada vez más importante conservación y gestión de los espacios naturales de montaña, hacen a las sociedades que habitan o explotan los recursos de estos ámbitos geográficos muy sensibles a los cambios naturales derivados del calentamiento climático y su incidencia en la criosfera.

Referencias

- Bensiton, M.** (2000). Environmental Change in mountains and uplands. Arnold, Londres. 172 pp.
- Grove, J.M.** (2004). Little Ice Ages. Ancient and modern. Routledge, London. 718 pp.
- King, J.C.; Turner, J.** (1997). Antarctic meteorology and Climatology. Cambridge University Press. 409 pp.
- Le Roy Ladurie, E.** (2004). Histoire humaine et comparée du climat. Canicules et glaciers, XIII-XVIII siècles. Ed. Fayard, Paris. 740 pp.
- Lugon, R., Delaloye R., Serrano, E., Reynard, E., Lambiel, C., González-Trueba, J.J.** (2005). Permafrost and Little Ice Age Glaciers Relationships: a Case Study in the Posets Massif, Central Pyrenees, Spain Permafrost and Periglacial Processes, 15, 207-220.
- Martínez de Pisón, E.; Arenillas, M.**(1988). Los glaciares actuales del Pirineo Español. En La nieve en el Pirineo español, M.O.P.U., Madrid, 29 98.
- Nesje, A.; Dahl, S.O.**(2002). Glaciers and environmental change. Arnold, Londres, 167 pp.
- Ruddiman, W.F.** (2003). The antropogenic greenhouse era began thousand years ago. Climatic Change, 61-3,
- Serrano E.; López, J.** (2000). Rock glaciers in the South Shetland Island, western Antarctica. Geomorphology, 35, 145-162.
- Serrano, E.; Agudo, C.; Delaloyé, R.; González Trueba, J.J.** (2001). Permafrost distribution in the Posets

massif, Central Pyrenees. Norwegian Journal of Geography, 55, 245-252.

Serrano, E.; Agudo, C.; Martínez de Pisón, E. (1999). Rock glaciers in the Pyrenees. Permafrost and Periglacial Processes, 10, 101-106.

Serrano, E.; Martínez de Pisón, E.; López-Martínez, J. (1996). Periglacial and nival landforms and deposits. In López, J.; Thomson, M.R.A. and Others. Geomorphological map of Byers Peninsula, Livingston Island. Antarctica. BAS GEOMAP Series, Cambridge, British Antarctic Survey, 28-34.

Williams, P.J.; Smith, M.V. (1989). The Frozen Earth. Fundamentals of geocryology. Cambridge University Press, Cambridge.

Zumbühl, H.J.; Holzhauser, H. (1988). Glaciers des Alpes du Petit âge glaciaire. Les Alpes, 64, 129-32.



III Congreso Cubano de Meteorología

Ciudad de La Habana
5 al 9 de diciembre de 2005

La Sociedad Meteorológica de Cuba anuncia la celebración del III Congreso Cubano de Meteorología bajo el lema "TIEMPO, CLIMA, AGUA Y DESARROLLO SOSTENIBLE". El Comité Organizador tiene el gusto de invitar a todos los profesionales relacionados con la meteorología y la climatología a presentar sus trabajos en las siguientes temáticas:

- Variabilidad y Cambio Climático
- Química y Contaminación de la Atmósfera
- Climatología
- Medio Ambiente
- El fenómeno de El Niño/La Niña
- Física de la Atmósfera
- Ciclones Tropicales
- Riesgos Meteorológicos en los Seguros
- Predicción Meteorológica
- Biometeorología
- Meteorología Marina
- Educación en Meteorología y Medio Ambiente
- Meteorología Agrícola
- Aplicación de los Sensores Remotos
- Meteorología Aeronáutica
- Protección Civil
- Sistemas de Información Geográfica

La fecha establecidas son: Recepción de resúmenes, hasta el 31 de agosto del 2005. Comunicación de la aceptación de trabajos, antes del 30 de septiembre de 2005. Recepción de trabajos, hasta el 31 de octubre del 2005

Mayor información, puede encontrar Ud. en nuestra página web:

<http://www.met.inf.cu/sometcuba/default.htm>