

# Geformas criogénicas, patrimonio geológico en el Parque Nacional Campo de los Alisos, Tucumán, Argentina

Ibáñez Palacios, G. P<sup>1</sup>; A. L. Ahumada<sup>1,2</sup>; S. V. Páez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geología de Cuaternario y Paleoclimas, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. gpibanezp@yahoo.com.ar

<sup>2</sup> CONICET, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. ana-ahumada@argentina.com

► **Resumen** — El registro preservado en los materiales geológicos y en el paisaje actual es único y extremadamente frágil. Su explotación y los cambios climáticos ocurridos a escala global han tenido en muchos casos un efecto negativo sobre su conservación. Un registro geológico perdido nunca más puede ser recuperado, de aquí la necesidad urgente de conocerlo y protegerlo. En las altas cumbres de la Sierra de Aconquija, el Parque Nacional Campo de los Alisos posee una gran geodiversidad, que repercute en un rico y variado patrimonio geológico con múltiples recursos turísticos y paisajísticos aún no aprovechados de manera sustentable. En este trabajo se presenta un inventario preliminar de los puntos de interés geológico (PIG) relacionados con las criogeofomas cuaternarias en la región de las ruinas de La Ciudadcita, importante exponente del patrimonio arqueológico y cultural del parque, con el objeto de conjugar con la divulgación del patrimonio geológico, la valoración y cuidado del medio natural y la preservación de los PIG.

**Palabras clave:** Patrimonio geológico; puntos de interés geológico; Parque Nacional Campo de los Alisos, Tucumán, Argentina.

► **Abstract** — "Cryogenic geofoms, geological heritage in the Campo de los Alisos National Park, Tucumán, Argentina". The record preserved in geological material and in the current landscape is unique and most of it is extremely fragile. Its exploitation and the important climatic variations that occur at a global scale in many cases have a negative effect on its good conservation. A record which is lost can never be recovered, given that it is non-renewable and irretrievable, hence the urgent of the need to understand and protect it. The Campo de los Alisos National Park, Sierra de Aconquija, Tucumán, has a varied geological heritage, offering numerous tourist attractions, natural resources and landscapes not yet used in a sustainable way. We present a preliminary inventory of geological interest sites related to Quaternary cryofoms in the region around the La Ciudadcita ruins in order to link this geological heritage with educational aims and economic use. The aim is to increase consciousness about the value of this natural area and the same time the wish to enhance the environmental protection of the geological interest sites.

**Keywords:** Geological heritage; geological interest sites; Campo de los Alisos National Park, Tucumán, Argentine.

## INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Campo de los Alisos creado en 1995 para proteger un sector representativo de la selva, del bosque montano y del bioma altoandino, cuenta con un patrimonio geológico extraordinariamente valioso y diverso. Se ubica en la ladera oriental

de la Sierra de Aconquija, en el departamento Chichigasta, provincia de Tucumán, República Argentina, entre los ríos Las Pavas al norte y Jaya al sur. Se extiende desde los 874 a los 5.200 msnm y ocupa una superficie aproximada de 10.000 hectáreas. El área corresponde al ambiente morfoestructural de las Sierras Pampeanas Noroccidentales (Caminos, 1979), con una altura media de 5.000 msnm. Los picos más importantes son: Cerro La Bolsa o Tipillas 5.200 msnm,

Cerro Las Cuevas 5.000 msnm y Cerro Negro 4.700 msnm.

Las voces a favor de la conservación de la naturaleza no han dejado de cobrar protagonismo desde que, a finales del siglo XIX, la sociedad fue adquiriendo progresivamente conciencia de que el modelo de desarrollo ha provocado grandes alteraciones, en ocasiones irreversibles, sobre cada uno de los elementos que constituyen el sistema natural del planeta; lo que degrada en definitiva, el territorio en el que vivimos y la naturaleza de la que formamos parte.

Como ha señalado Serrano (2004), el medio natural pasa a ser un patrimonio colectivo, que es necesario conservar para transmitir a las generaciones futuras, que forma parte de los recursos del común, pero que posee unos valores éticos, estéticos e históricos que en muchos casos revalorizan la naturaleza y la resitúan en el primer plano de la vida humana: es el Patrimonio Natural.

La biodiversidad fue considerada como el auténtico icono de la calidad ambiental, mientras que el valor geológico de un determinado espacio fue tan sólo reconocido en la mayoría de los casos, gracias a su apreciación estética o paisajística. En la actualidad es innegable que la biodiversidad depende de la geodiversidad, por lo que, la consideración del patrimonio geológico como parte integrante del Patrimonio Natural no solo cubre un aspecto no reconocido, sino que también complementa y contribuye a entender la biodiversidad.

El patrimonio geológico es un recurso natural no renovable, cuya afección es irreversible y de graves consecuencias para el medio. La destrucción de cualquier elemento constitutivo de este patrimonio geológico significa una pérdida del registro histórico de nuestro Planeta y un registro geológico irrecuperable. Su conservación garantiza a las futuras generaciones el conocimiento de la evolución geológica de la Tierra y de su importancia aunque este concepto no está suficientemente difundido, puesto que la población, en general, no cuenta con información para valorarlo y defenderlo adecuadamente. Por lo tanto nuestro desafío está en

concientizar a la población sobre la necesidad de proteger y valorar los elementos del patrimonio geológico, expuesto a riesgos de deterioro debido al impacto de las actividades humanas.

El retraso de la conservación del patrimonio geológico en comparación con otros elementos del Patrimonio Natural fue puesto de manifiesto por diversos autores (Castillo Martín, 1996; Cendrero, 1996; Soria *et al.*, 1996; Wimbledon *et al.*, 2000). El nivel de conciencia que existe en el ámbito de las Ciencias de la Tierra sobre los temas relativos a la protección del patrimonio geológico está desfasado del existente con relación a la flora y la fauna (Theodossiou-Drandaki, 2000).

Actualmente se observa una creciente preocupación por la preservación del patrimonio geológico. Países como España, Estados Unidos, Italia, entre otros, sensibilizados con esta temática, han desarrollado legislaciones al respecto, y tienen grupos de especialistas dedicados a la selección, estudio y análisis de modos de conservación de diferentes puntos de interés geológico.

Como punto de interés geológico (PIG) se define a un sitio que muestra una o varias características consideradas de importancia dentro de la historia geológica de una región natural (Arana *et al.*, 1999; García Cortés *et al.*, 2000; Lago *et al.*, 2001; Leynaud, 2002). Los puntos de interés geológico serían todos aquellos elementos geológicos y geomorfológicos que presentan un valor científico de interés para la comprensión de la Tierra, de los territorios y el clima (Strasser *et al.*, 1995; Grandgirard, 1997). Un PIG forma parte fundamental del Patrimonio Cultural, puesto que proporciona una información básica para conocer la historia de la Tierra y la vida que en ella se ha desarrollado, y que se destaca por su interés como recurso socioeconómico.

En este trabajo se presenta un inventario preliminar de los puntos de interés geológico (PIG) relacionados con las criogeofomas cuaternarias en la región de las ruinas de La Ciudadita (importante exponente del patrimonio arqueológico y cultural del parque),

con el objeto de conjugar con la divulgación del patrimonio geológico, la valoración y cuidado del medio natural y la preservación de los puntos de interés geológico.

#### CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN ARGENTINA

En Argentina en los últimos años, se ha comenzado a tomar conciencia de la importancia de preservar los recursos naturales, tales como flora y fauna (Ley Nacional 25.675/02 «Ley General del Ambiente»), así como los yacimientos arqueológicos y paleontológicos (Ley Nacional 25.743/03 «Protección del patrimonio arqueológico y paleontológico»). Sin embargo, no han recibido la misma consideración los recursos relacionados con los paisajes y sus formas, los procesos que intervienen en su modelado y las rocas que constituyen esos relieves, salvo en aquellos yacimientos minerales, afloramientos rocosos y geoformas que han quedado dentro de áreas protegidas, Parques Nacionales o que se consideran monumentos naturales (Ley Nacional 22.351/80 «Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales»). A pesar de no existir una legislación específica para la protección y gestión de los elementos del patrimonio geológico, la legislación vigente ofrece algunos instrumentos para actuar en ese sentido.

En la provincia de Tucumán el marco legal de protección y conservación del patrimonio geológico lo proporciona la Ley 7500/2005 de Patrimonio Cultural, que de forma indirecta hace referencia al patrimonio geológico puesto que en su artículo 2º establece «se considera patrimonio cultural todos aquellos bienes materiales o intangibles de valor histórico, arquitectónico, artístico, arqueológico, paleontológico, antropológico, documental, paisajístico y científico tecnológico, que constituyen la expresión o el testimonio de la creación humana, la evolución de la naturaleza y que sean significativos y representativos de la cultura tucumana».

#### METODOLOGÍA DE TRABAJO

El trabajo se desarrolló en tres etapas: una preliminar, luego una de campo y finalmente una de gabinete.

En la etapa preliminar se realizó el análisis e interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas de la década del 60-70 a escala 1:50.000, con un enfoque especial en la geomorfología periglacial. En esta etapa se seleccionaron los sitios de interés geológico a inventariar y evaluar, se escogieron geoformas con un excepcional atractivo paisajístico originadas por procesos glaciales y periglaciales, las cuales, debido a su extrema fragilidad ante el efecto del calentamiento global y su importancia como reservorios de agua dulce, se deben valorar como un patrimonio irremplazable.

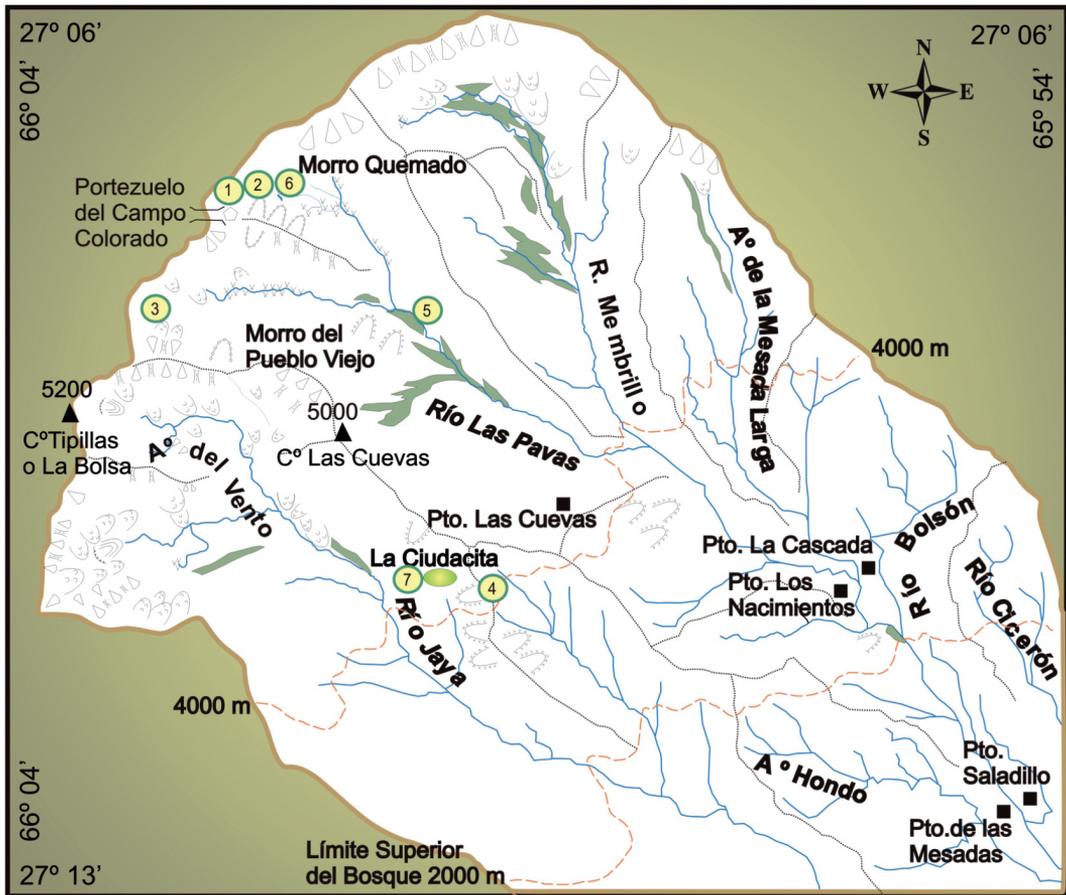
En la etapa de campo se efectuó la identificación de las criogeformas definidas en gabinete. Se llevó a cabo el relevamiento, evaluación y caracterización de los puntos de interés geológico seleccionados.

En la etapa de gabinete toda la información obtenida se volcó en un mapa de geoformas criogénicas, niveles altitudinales y ubicación de los puntos de interés geológico (Figura 1). Para el inventario y descripción general de los lugares documentados se confeccionaron fichas de valoración en las que se evalúan cualitativamente, por separado, sus valores científicos o intrínsecos (rareza, representatividad, estado de conservación, interés científico), extrínsecos o culturales (situación geográfica, visibilidad, accesibilidad, importancia), y de potencialidad de uso (científico, didáctico, turístico, económico)

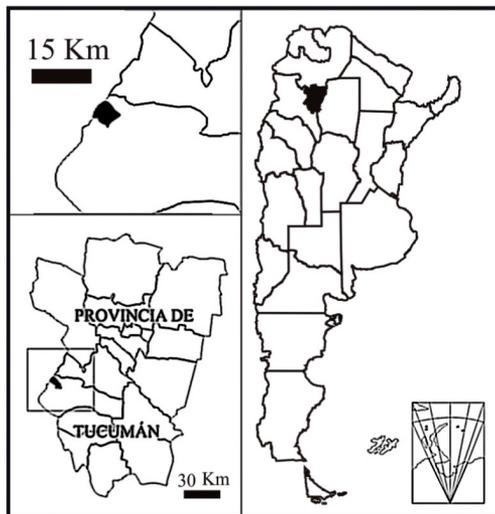
Esta ficha (modificada de Leynaud, 2002) se divide en tres bloques fundamentales:

1) Bloque de identificación y localización: en donde se consigna la fecha de relevamiento del dato, el N° del punto de interés geológico, altura, coordenadas, la denominación del punto, datos de ubicación según la división política provincial y departamental, y descripción de las posibilidades de acceso al punto.

2) Bloque de descripción: se reseña el contenido del PIG, su estado de conservación,



MAPA DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

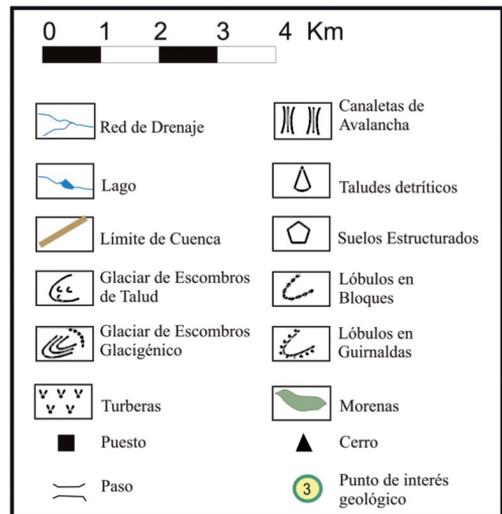


Figura 1. Mapa de geomorfias criogénicas, niveles altitudinales y localización de los puntos de interés geológico en la cuenca alta del los ríos Jaya y Las Pavas.

caracterización climática, observaciones y fotografía del punto.

3) Bloque de clasificación según el tipo de interés: se clasifican los PIG por su contenido, por su utilización y por su influencia.

#### CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la Sierra de Aconquija, provincias de Tucumán y Catamarca, República Argentina, entre los 27°06' – 27°13' de latitud Sur y los 66°04' – 65°54' de longitud Oeste.

En la Sierra de Aconquija, las precipitaciones oscilan entre los 700 y 2.000 mm al año, alcanzando valores excepcionales de 2.500 mm/año (Rohmeder, 1943), distribuidas estacionalmente en un régimen cuasimonzónico con verano lluvioso e invierno seco y con el 78% de las mismas durante el período noviembre-marzo. Por arriba de los 2.500 msnm, las precipitaciones decrecen en la vertiente oriental de estas sierras a 200-300 mm anuales en la zona cumbral. Las precipitaciones níveas y de granizo se registran en las máximas alturas durante el verano (Ahumada *et al.*, 2005).

Debido a que los registros térmicos en la región están directamente relacionados con la altitud, las temperaturas medias anuales varían de 14°C a 12°C hasta los 2.500 msnm, desde donde descienden rápidamente hasta los 0°C o menos.

La columna estratigráfica en el área de estudio se inicia con rocas metamórficas, ígneas y mixtas del denominado Basamento Cristalino, el cual constituye el núcleo de la Sierra del Aconquija y se le asigna edad Precámbrico – Cámbrico Inferior (Aceñolaza y Alonso, 2001; Aceñolaza y Aceñolaza, 2005).

En las quebradas de Las Pavas y Jaya se reconocen micacitas biotíticas de grano fino con bandas regulares de cuarzo y feldespato potásico de colores claros, con granates y alternan con bandas de cuarzo, biotita y hornblenda de colores oscuros. También afloran en el área esquistos inyectados, gneis y migmatitas. Existe gran cantidad de diques leucocráticos de texturas y composiciones varia-

bles, aunque predominan los pegmatíticos, que intruyen a los esquistos. Los depósitos cuaternarios dispuestos en discordancia sobre el basamento metamórfico están constituidos por depósitos morénicos ya que durante el Pleistoceno la región cumbral de la Sierra de Aconquija, fue cubierta al menos por tres episodios glaciares (Fox y Strecker, 1991).

A partir del mapeo y la evaluación de las formas geocriogénicas de la cuenca alta de los ríos Las Pavas y Jaya, entre los 27° 07' – 27° 15' S y los 66° 03' – 65° 54' W, se definieron dos asociaciones geomorfológicas con actividad criogénica (Ibáñez Palacios, 2007):

A) Piso Parageocriogénico o Paraperiglacial (Corte, 1983): desde los 2.000 hasta los 4.000 msnm se encuentra el área de influencia de procesos periglaciales estacionales, con temperaturas superiores a -1°C. Este nivel altitudinal se ubica por debajo del límite inferior del permafrost. Se caracteriza por el congelamiento y descongelamiento estacional sistemático en superficie y el congelamiento y descongelamiento esporádico en profundidad.

Los procesos periglaciales, generados por efecto del congelamiento estacional, que se manifiestan por el crecimiento de agujas de hielo, heladas superficiales y movimientos de suelos en pendiente generan una asociación de geoformas características: solifluxión en guirnaldas y suelos rastrillados. Aquí se encuentra el nivel morrénico más antiguo. Las pendientes en esta zona están suavizadas por acción de los procesos periglaciales de tipo superficial.

B) Piso Geocriogénico o Periglacial (Corte, 1983): por arriba de los 4.000 msnm, con temperaturas inferiores a -1°C, se encuentra por encima del límite inferior del permafrost determinado por el nivel inferior de los glaciares de escombros activos (Haeberli, 1985). Se caracteriza por la presencia de permafrost discontinuo y por intensos procesos de criofragmentación y criofluxión de las laderas.

En este piso hay un predominio de pendientes lisas, muy abruptas, sin vegetación y con una marcada crioclastesis. En esta zona el efecto del congelamiento se intensifica.

<b>FICHA DE PUNTO DE INTERÉS GEOLÓGICO (PIG)</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>			
FECHA: 11/10/2004	Nº PIG: 1	Altura: 4.809 msnm	
COORDENADAS:	27° 08' 06.48" S	66° 02' 22.71" W	
DENOMINACIÓN: Suelos estructurados			
DEPARTAMENTO: Chicligasta			
UBICACIÓN: Paso del Campo Colorado - Parque Nacional Campo de Los Alisos			
VÍAS DE ACCESO: Desde San Miguel de Tucumán por la Ruta Nacional 38, recorriendo 80 km hacia el sur hasta la localidad de Concepción desde aquí se recorren 14 km hacia el oeste por la Ruta Provincial 365 hasta Alpachiri. Luego se continúa por la Ruta Provincial 330. Finalmente se vadea el Río Jaya y se transita por sendas de herradura hasta llegar al área de estudio. También es posible el acceso desde la provincia de Catamarca.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
CONTENIDO: Son formas superficiales muy particulares cuyo origen se debe a una combinación de procesos en donde interviene el levantamiento por hielo acicular, selección, reptación del suelo, deshidratación y contracción térmica, por la acción del congelamiento y del descongelamiento.			
ESTADO DE CONSERVACIÓN: Bueno			
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA: El clima de la región es seco de alta montaña. Por las bajas temperaturas, el suelo está frecuentemente congelado hasta considerables profundidades.			
OBSERVACIONES: suelos estructurados seleccionados de 15 a 20 cm de diámetro. Se caracterizan por la ausencia de vegetación.			
<b>TIPO DE INTERÉS</b>			
POR SU CONTENIDO			
Estratigráfico		Mineralógico	
Paleontológico		Geomorfológico	X
Tectónico		Geofísico	
Hidrogeológico		Geoquímico	
Petrológico		Sedimentológico	X
Geotécnico		Geohistórico	
Minero		Museos	
POR SU UTILIZACIÓN			
Turístico	X	Científico	X
		Didáctico	X
		Económico	
POR SU INFLUENCIA			
Local	X	Provincial	X
		Nacional	
		Internacional	

Figura 2. Ficha descriptiva del PIG Nº 1, suelos estructurados en el paso del Campo Colorado.

<b>FICHA DE PUNTO DE INTERÉS GEOLÓGICO (PIG)</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>			
FECHA: 11/10/2004	N° PIG: 2	Altura: 4.645 msnm	
COORDENADAS:	27° 08' 07.69" S	66° 02' 09.84" W	
DENOMINACIÓN: Gelifluxión en bloques			
DEPARTAMENTO: Chicligasta			
UBICACIÓN: Cuenca alta del Río Las Pavas - Parque Nacional Campo de Los Alisos			
VÍAS DE ACCESO: Desde San Miguel de Tucumán por la Ruta Nacional 38, recorriendo 80 km hacia el sur hasta la localidad de Concepción desde aquí se recorren 14 km hacia el oeste por la Ruta Provincial 365 hasta Alpachiri. Luego se continúa por la Ruta Provincial 330. Finalmente se vadea el Río Jaya y se transita por sendas de herradura hasta llegar al área de estudio. También es posible el acceso desde la provincia de Catamarca.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
CONTENIDO: Este proceso se genera en pendientes sometidas a procesos de congelamiento y descongelamiento diario y estacional, produciéndose así la movilización del suelo pendiente abajo suavemente durante años. Se presentan en forma de protuberancia o lengua, identificables y adosadas a la pendiente.			
ESTADO DE CONSERVACIÓN: Muy Bueno			
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA: El clima de la región es seco de alta montaña. Por las bajas temperaturas, el suelo está frecuentemente congelado hasta considerables profundidades.			
OBSERVACIONES: Son lóbulos de bloques de 1 a 2 m de largo, en pendientes de 8° a 15°. El eje longitudinal de la lengua es paralelo al sentido de la pendiente.			
<b>TIPO DE INTERÉS</b>			
<b>POR SU CONTENIDO</b>			
Estratigráfico		Mineralógico	
Paleontológico		Geomorfológico	X
Tectónico		Geofísico	
Hidrogeológico	X	Geoquímico	
Petrológico		Sedimentológico	
Geotécnico		Geohistórico	
Minero		Museos	
<b>POR SU UTILIZACIÓN</b>			
Turístico	X	Científico	X
		Didáctico	X
		Económico	
<b>POR SU INFLUENCIA</b>			
Local	X	Provincial	X
		Nacional	
		Internacional	

**Figura 3.** Ficha descriptiva del PIG N° 2, gelifluxión en bloques en las inmediaciones del paso del Campo Colorado.

Esto permite que se produzcan procesos de congelamiento permanente que generan las siguientes asociaciones geomorfológicas: gelifluxión en bloques, gelifluxión en lenguas de bloques vegetados o no, talus, suelos estructurados seleccionados activos, suelos estructurados no seleccionados con vegetación, glaciares de escombros de talud activos e inactivos y glaciares de escombros glaciogénicos. Además se observan dos niveles de morenas laterales más modernos que el del piso paraglaciar.

La cobertura superficial en esta zona es blocosa y angular. La fuerza de la criodinámica, su capacidad erosiva y de transporte, son las características notables de este nivel.

## RESULTADOS

En el piso geoglaciar o periglacial se han catalogado y analizado 7 PIG, que se caracterizan por su buen estado de conservación, debido a la difícil accesibilidad de la zona. La descripción de las criogeofomas cuaternarias identificadas como PIG en el Parque Nacional Campo de los Alisos (Ahumada *et al.*, 2006) se realiza a continuación:

FIG 1: Suelos estructurados en el paso del Campo Colorado

Son formas superficiales muy particulares cuyo origen se debe a una combinación de procesos en donde interviene el levantamiento por hielo acicular, selección, reptación del suelo, deshidratación y contracción térmica, por la acción del congelamiento y del descongelamiento (Van Everdingen, 2005). Los suelos estructurados pueden estar o no seleccionados horizontalmente, es decir con o sin diferenciación granulométrica entre los centros y sus periferias (Trombotto y Ahumada, 2005).

En la crioplanicie del paso del Campo Colorado (pendiente hasta 2°) a 4.809 msnm (Figura 2), se observan suelos estructurados de 15 a 20 cm de diámetro. Se trata de polígonos con bordes de textura gruesa y centros de textura fina. Según la clasificación de Washburn (1956) éstos se definen como suelos seleccionados. Estos suelos se caracterizan por la ausencia de vegetación.

FIG 2: Gelifluxión en bloques en las inmediaciones del paso del Campo Colorado

Desde el paso del Campo Colorado es posible observar escalones de solifluxión en bloques a 4.645 msnm (Figura 3). Este proceso se genera en pendientes sometidas a procesos de congelamiento y descongelamiento diario y estacional, produciéndose así la movilización del suelo pendiente abajo suavemente durante años. Se presentan en forma de protuberancia o lengua, identificables y adosadas a la pendiente. Se trata de lóbulos de bloques de 1 a 2 m de largo, en pendientes de 8° a 15°. El eje longitudinal de la lengua es paralelo al sentido de la pendiente. Los bloques delimitan generalmente los lóbulos y se distribuyen en superficie con algunas ondulaciones.

FIG 3: Glaciar de escombros

Próximo al paso del Campo Colorado a 4.534 msnm (Figura 4). Los glaciares de escombros son mesoformas criogénicas compuestas por detritos congelados que contienen diferentes tipos de hielo y se mueven por la ladera, aguas abajo formando lenguas o lóbulos como expresión geomorfológica (Barsch, 1996). Estos cuerpos contienen hielo subterráneo permanentemente congelado, por lo tanto se trata de fenómenos del permafrost discontinuo de montaña. Para su formación, desarrollo y mejor conservación, deben mantener temperaturas inferiores a -1°C. Consisten de una mezcla de 40 a 60% de material clástico y 60 a 40% de hielo, principalmente hielo intersticial y de segregación (Haeberli, 1985; Barsch, 1996; Aronson *et al.*, 2002). Esta mezcla está cubierta de un manto de clastos generalmente muy gruesos (bloques), que constituyen la capa activa de descongelamiento estacional (Barsch, 1996). Esta capa activa sirve como capa aisladora e impide el descongelamiento del permafrost subyacente.

Este glaciar de escombros de talud tiene un espesor promedio de 20 m. En su superficie se observan ondulaciones y lomos característicos producidos por el flujo. Petrográficamente está constituido por bloques de metamorfitas de tamaños diversos. Presenta un escarpe frontal muy marcado.

<b>FICHA DE PUNTO DE INTERÉS GEOLÓGICO (PIG)</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>			
FECHA: 12/10/2004	N° PIG: 3	Altura: 4.534 msnm	
COORDENADAS:	27° 08' 58.65" S	66° 03' 11.80" W	
DENOMINACIÓN: Glaciares de escombros			
DEPARTAMENTO: Chichigasta			
UBICACIÓN: Cuenca alta del Río Las Pavas - Parque Nacional Campo de Los Alisos			
VÍAS DE ACCESO: Desde San Miguel de Tucumán por la Ruta Nacional 38, recorriendo 80 km hacia el sur hasta la localidad de Concepción desde aquí se recorren 14 km hacia el oeste por la Ruta Provincial 365 hasta Alpachiri. Luego se continúa por la Ruta Provincial 330. Finalmente se vadea el Río Jaya y se transita por sendas de herradura hasta llegar al área de estudio. También es posible el acceso desde la provincia de Catamarca.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
CONTENIDO: Los glaciares de escombros son mesoformas sedimentarias constituidas por rocas y detritos congelados, con hielo intersticial y lenticular que se mueven lentamente (1-150 cm/año) pendiente abajo por deformación plástica y reptación del permafrost.			
ESTADO DE CONSERVACIÓN: Bueno			
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA: El clima de la región es seco de alta montaña. Por las bajas temperaturas, el suelo está frecuentemente congelado hasta considerables profundidades.			
OBSERVACIONES: En superficie se observan ondulaciones y lomos característicos producidos por el desplazamiento del glaciar de escombros.			
<b>TIPO DE INTERÉS</b>			
<b>POR SU CONTENIDO</b>			
Estratigráfico		Mineralógico	
Paleontológico		Geomorfológico	X
Tectónico		Geofísico	
Hidrogeológico	X	Geoquímico	
Petrológico		Sedimentológico	
Geotécnico		Geohistórico	
Minero		Museos	
<b>POR SU UTILIZACIÓN</b>			
Turístico	X	Científico	X
		Didáctico	X
		Económico	
<b>POR SU INFLUENCIA</b>			
Local	X	Provincial	X
		Nacional	
		Internacional	

**Figura 4.** Ficha descriptiva del PIG N° 3, glaciar de escombros próximo al paso del Campo Colorado.

<b>FICHA DE PUNTO DE INTERÉS GEOLÓGICO (PIG)</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>			
FECHA: 13/10/2004	N° PIG: 4	Altura: 4.300 msnm	
COORDENADAS:	27° 11' 01.76" S	66° 00' 12.83" W	
DENOMINACIÓN: Gelifluxión en guirnaldas			
DEPARTAMENTO: Chicligasta			
UBICACIÓN: Cuenca alta del Río Jaya - Parque Nacional Campo de Los Alisos			
VÍAS DE ACCESO: Desde San Miguel de Tucumán por la Ruta Nacional 38, recorriendo 80 km hacia el sur hasta la localidad de Concepción desde aquí se recorren 14 km hacia el oeste por la Ruta Provincial 365 hasta Alpachiri. Luego se continúa por la Ruta Provincial 330. Finalmente se vadea el Río Jaya y se transita por sendas de herradura hasta llegar al área de estudio. También es posible el acceso desde la provincia de Catamarca.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
CONTENIDO: Se trata de depósitos de gelifluxión en bloques cuyos frentes están contenidos o demarcados por vegetación. En este caso la acción de la solifluxión se manifiesta asociada con la vegetación, definiendo lóbulos suaves, con pendientes de 10° a 12°.			
ESTADO DE CONSERVACIÓN: Muy Bueno			
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA: El clima de la región es seco de alta montaña. Por las bajas temperaturas, el suelo está frecuentemente congelado hasta considerables profundidades.			
OBSERVACIONES: Estas formas se encuentran por arriba del límite superior del bosque o en niveles altitudinales bajos del piso periglacial.			
<b>TIPO DE INTERÉS</b>			
<b>POR SU CONTENIDO</b>			
Estratigráfico		Mineralógico	
Paleontológico		Geomorfológico	X
Tectónico		Geofísico	
Hidrogeológico	X	Geoquímico	
Petrológico		Sedimentológico	X
Geotécnico		Geohistórico	
Minero		Museos	
<b>POR SU UTILIZACIÓN</b>			
Turístico	X	Científico	X
		Didáctico	X
		Económico	
<b>POR SU INFLUENCIA</b>			
Local	X	Provincial	X
		Nacional	
		Internacional	

**Figura 5.** Ficha descriptiva del PIG N° 4, gelifluxión en guirnaldas en las proximidades de las ruinas de La Ciudadcita.

<b>FICHA DE PUNTO DE INTERÉS GEOLÓGICO (PIG)</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>			
FECHA: 12/10/2004	N° PIG: 5	Altura: 4.300 msnm	
COORDENADAS:	27° 08' 53.84" S	66° 00' 57.21" W	
DENOMINACIÓN: Morenas laterales			
DEPARTAMENTO: Chicligasta			
UBICACIÓN: Afluente del Río Las Pavas - Parque Nacional Campo de Los Alisos			
VÍAS DE ACCESO: Desde San Miguel de Tucumán por la Ruta Nacional 38, recorriendo 80 km hacia el sur hasta la localidad de Concepción desde aquí se recorren 14 km hacia el oeste por la Ruta Provincial 365 hasta Alpachiri. Luego se continúa por la Ruta Provincial 330. Finalmente se vadea el Río Jaya y se transita por sendas de herradura hasta llegar al área de estudio. También es posible el acceso desde la provincia de Catamarca.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
CONTENIDO: Las morenas son acumulaciones de till, sedimentos detríticos depositados por el hielo glacial, no seleccionados, heterogéneos, heterométricos, poligénicos, con clastos angulosos que suelen presentar marcas producidas durante el transporte. Forman montículos, colinas o alineaciones que culminan en una cresta aguda			
ESTADO DE CONSERVACIÓN: Muy Bueno			
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA: El clima de la región es seco de alta montaña. Por las bajas temperaturas, el suelo está frecuentemente congelado hasta considerables profundidades.			
OBSERVACIONES: en el nivel morénico más joven las pendientes son más abruptas que en el más antiguo. Además en la morena más antigua se observa el efecto de los procesos periglaciales, mientras que en la más moderna aún no se manifiestan.			
<b>TIPO DE INTERÉS</b>			
<b>POR SU CONTENIDO</b>			
Estratigráfico		Mineralógico	
Paleontológico		Geomorfológico	X
Tectónico		Geofísico	
Hidrogeológico	X	Geoquímico	
Petrológico		Sedimentológico	X
Geotécnico		Geohistórico	
Minero		Museos	
<b>POR SU UTILIZACIÓN</b>			
Turístico	X	Científico	X
		Didáctico	X
		Económico	
<b>POR SU INFLUENCIA</b>			
Local	X	Provincial	X
		Nacional	
		Internacional	

Figura 6. Ficha descriptiva del PIG N° 5, morenas laterales en un afluente del Río Las Pavas.

<b>FICHA DE PUNTO DE INTERÉS GEOLÓGICO (PIG)</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>			
FECHA: 11/10/2004	N° PIG: 6	Altura: 4.638 msnm	
COORDENADAS:	27° 08' 03.66" S	66° 01' 56.46" W	
DENOMINACIÓN: Lago Postglacial			
DEPARTAMENTO: Chicligasta			
UBICACIÓN: Cuenca alta del Río Las Pavas - Parque Nacional Campo de Los Alisos			
VÍAS DE ACCESO: Desde San Miguel de Tucumán por la Ruta Nacional 38, recorriendo 80 km hacia el sur hasta la localidad de Concepción desde aquí se recorren 14 km hacia el oeste por la Ruta Provincial 365 hasta Alpachiri. Luego se continúa por la Ruta Provincial 330. Finalmente se vadea el Río Jaya y se transita por sendas de herradura hasta llegar al área de estudio. También es posible el acceso desde la provincia de Catamarca.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
CONTENIDO: Lago de altura postglacial es decir, que ocupa el fondo de un antiguo circo glaciar y se alimenta del descongelamiento de los depósitos níveos del entorno.			
ESTADO DE CONSERVACIÓN: Muy Bueno			
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA: El clima de la región es seco de alta montaña. Por las bajas temperaturas, el suelo está frecuentemente congelado hasta considerables profundidades.			
OBSERVACIONES: Es un lago de poca profundidad, que constituye una señal de la degradación del ambiente glacial de la región.			
<b>TIPO DE INTERÉS</b>			
<b>POR SU CONTENIDO</b>			
Estratigráfico		Mineralógico	
Paleontológico		Geomorfológico	X
Tectónico		Geofísico	
Hidrogeológico	X	Geoquímico	
Petrológico		Sedimentológico	X
Geotécnico		Geohistórico	
Minero		Museos	
<b>POR SU UTILIZACIÓN</b>			
Turístico	X	Científico	X
		Didáctico	X
		Económico	
<b>POR SU INFLUENCIA</b>			
Local	X	Provincial	X
		Nacional	
		Internacional	

Figura 7. Ficha descriptiva del PIG N° 6, lago postglacial próximo al paso de la Apacheta.

<b>FICHA DE PUNTO DE INTERÉS GEOLÓGICO (PIG)</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>			
FECHA: 13/10/2004	Nº PIG: 7	Altura: 4.373 msnm	
COORDENADAS:	27° 10' 51.38" S	66° 00' 23.37" W	
DENOMINACIÓN: Campo de bloques			
DEPARTAMENTO: Chicligasta			
UBICACIÓN: Cuenca alta del Río Jaya - Parque Nacional Campo de Los Alisos			
VÍAS DE ACCESO: Desde San Miguel de Tucumán por la Ruta Nacional 38, recorriendo 80 km hacia el sur hasta la localidad de Concepción desde aquí se recorren 14 km hacia el oeste por la Ruta Provincial 365 hasta Alpachiri. Luego se continúa por la Ruta Provincial 330. Finalmente se vadea el Río Jaya y se transita por sendas de herradura hasta llegar al área de estudio. También es posible el acceso desde la provincia de Catamarca.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
CONTENIDO: antigua crioplanicie que refleja la acción glacial y periglacial al estar cubierta por bloques criofragmentados de rocas metamórficas.			
ESTADO DE CONSERVACIÓN: Muy Bueno			
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA: El clima de la región es seco de alta montaña. Por las bajas temperaturas, el suelo está frecuentemente congelado hasta considerables profundidades.			
OBSERVACIONES: Sobre esta crioplanicie se emplazan las ruinas de La Ciudadita.			
<b>TIPO DE INTERÉS</b>			
<b>POR SU CONTENIDO</b>			
Estratigráfico		Mineralógico	
Paleontológico		Geomorfológico	X
Tectónico		Geofísico	
Hidrogeológico		Geoquímico	
Petrológico		Sedimentológico	
Geotécnico		Geohistórico	
Minero		Museos	
<b>POR SU UTILIZACIÓN</b>			
Turístico	X	Científico	X
		Didáctico	X
		Económico	
<b>POR SU INFLUENCIA</b>			
Local	X	Provincial	X
		Nacional	
		Internacional	

Figura 8. Ficha descriptiva del PIG N° 7, campo de bloques en las ruinas de La Ciudadita.

FIG 4: Gelifluxión en guirnaldas en las proximidades de las ruinas de La Ciudadita

Se observa en las pendientes que rodean a las ruinas de La Ciudadita a 4.300 msnm (Figura 5). Se trata de depósitos de gelifluxión en bloques cuyos frentes están contenidos o demarcados por vegetación. En este caso la acción de la solifluxión se manifiesta asociada con la vegetación, definiendo lóbulos suaves, con pendientes de 10° a 12°. Como consecuencia del movimiento del suelo, la vegetación (gramíneas) se ordena en pseudocírculos o guirnaldas (Corte, 1955) con su parte cóncava en dirección de la pendiente. Estas formas se encuentran por arriba del límite superior del bosque o en niveles altitudinales bajos del piso periglacial.

FIG 5: Morenas laterales en un afluente del Río Las Pavas

Se observan dos sistemas morénicos aproximadamente a 4.300 msnm, el recostado a mayor altura en la ladera correspondería al Pleistoceno tardío (Fox y Strecker, 1991) y el sistema de la Pequeña Edad de Hielo (aproximadamente del 1700 AD según Villalba, 1994; Rabatel *et al*, 2008) recostado sobre el anterior a menor altura, reflejando el último avance glaciario reciente en la región (Figura 6). Estos depósitos morénicos están constituidos por bloques heterométricos, angulosos y con una matriz fina escasa.

Las morenas son acumulaciones de till, sedimentos detríticos depositados por el hielo glacial, no seleccionados, heterogéneos, heterométricos, poligénicos, con clastos angulosos que suelen presentar marcas producidas durante el transporte. Forman montículos, colinas o alineaciones que culminan en una cresta aguda (Strahler, 1981).

Siguiendo a Schellenberger *et al* (1998), en el nivel morénico más joven las pendientes son más abruptas que en el más antiguo. Además en la morena más antigua se observa el efecto de los procesos periglaciales, mientras que en la más moderna aún no se manifiestan.

FIG 6: Lago posglacial próximo al paso de la Apacheta

Es un lago de poca profundidad próximo al paso de La Apacheta, en el piso del valle

a 4.638 msnm (Figura 7).

Si bien el origen geológico de los lagos de alta montaña hay que buscarlo en las glaciaciones, hay que tener en cuenta que estos son lagos proglaciales y que desde el mismo momento en que se retiran los hielos, se inicia el proceso de colmatación de los mismos, por el que se rellena la cuenca formada por el glaciar por arrastre de materiales sólidos de las montañas. Pero en el caso particular de nuestro FIG se trata de un lago de altura posglacial es decir que ocupa el fondo de un antiguo circo glaciar y se alimenta del descongelamiento de los depósitos níveos del entorno. Constituyendo así una importante señal de la degradación del ambiente glacial en la región.

FIG7: Campo de bloques en las ruinas de La Ciudadita

Las ruinas de La Ciudadita que se encuentran a 4.373 msnm de altura se emplazan sobre una antigua crioplanicie que refleja la acción glacial y periglacial al estar cubierta por bloques criofragmentados de rocas metamórficas (Figura 8).

## DISCUSIÓN

En las últimas décadas la evolución y el desarrollo tecnológico que experimentó la sociedad permitió el avance en el conocimiento de las áreas de alta montaña y el aprovechamiento de las mismas. Éstas se han convertido en un recurso natural de primera magnitud, cuyos beneficios están por encima de la propia preservación del patrimonio natural y de la utilización sostenible.

La explotación turística de las regiones de altura en los países en desarrollo se está incentivando progresivamente, para generar fuentes de trabajo para los pobladores locales; y erradicar progresivamente la pobreza de estas pequeñas comunidades alejadas. El turismo es una alternativa válida y de implementación rápida en la región, puesto que para minimizar el impacto sobre el medio ambiente y promover la conservación de los recursos naturales, se debe limitar la permanencia de los visitantes a campamentos provisionales con estancias cortas. Para ello es

necesario brindar los conocimientos apropiados para la explotación de un patrimonio natural y cultural que en este caso presenta condiciones climáticas que le confiere una elevada fragilidad.

Las dificultades que hasta la actualidad impuso la Sierra de Aconquija al desarrollo de las actividades humanas, derivaron de factores intrínsecos a la misma, como la altitud, implicaciones morfoclimáticas, y la topografía de fuertes pendientes y desniveles, que limitaron el uso y aprovechamiento por parte de la población, lo que motivó indirectamente la conservación de un espacio natural de gran calidad ambiental y paisajística. Esto implica además un llamado de atención para preservar un patrimonio natural y cultural evitando los impactos que supongan una pérdida de su valor y naturalidad.

La Sierra del Aconquija tradicionalmente tuvo uso ganadero y actualmente se ha incorporado la explotación de los recursos minero y turístico en el Parque Nacional Campo de los Alisos, transformándose en un foco de atracción turística con divulgación masiva. Es por ello que es prioritario establecer medidas de protección que proporcionen el marco adecuado para la conservación del patrimonio geológico, cuya valoración es similar al patrimonio histórico y arqueológico, pero difiere principalmente en el carácter único de los objetos a proteger.

#### CONCLUSIONES

– Se presenta un nuevo enfoque de aspectos desconocidos para el público en general, con el objetivo de informar y fomentar el interés por el patrimonio geológico que pasa inadvertido y de esta manera concientizar a la comunidad de la importancia y de los beneficios derivados de la conservación de estos recursos. Su incorporación en la cultura de la comunidad abarca aspectos informativos sobre los procesos geológicos que intervinieron en la formación de un paisaje y que contribuyeron a la conservación de estos documentos naturales.

– En el Parque Nacional Campo de los Alisos existe un patrimonio geológico excep-

cional, tanto por su diversidad y singularidad, como por su estado de conservación.

– Se han inventariado hasta el momento 7 sitios con entidad para ser catalogados como puntos de interés geológico, sin que se haya agotado la totalidad del gran potencial que presenta el Parque Nacional.

– Los puntos de interés geológico son relevantes dentro del panorama geológico, su conservación podría marcar el camino hacia la protección integrada de grandes espacios. El inventario específico de estos lugares no debe ser excluyente pero sí necesario desde el punto de vista científico y divulgativo.

– Las políticas de conservación de la naturaleza, incluidas las del patrimonio geológico, deben ir encaminadas hacia una gestión social en la que la imaginación y la sensibilidad vayan de la mano con las estrategias de desarrollo sostenible de la región.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, F. G. y R. N. Alonso. 2001. Icnio-asociaciones de la transición Precámbrico/Cámbrico en el noroeste de Argentina. *Journal of Iberian Geology* 27: 11-22.
- Aceñolaza, F. y G. Aceñolaza. 2005. La Formación Puncoviscana y unidades estratigráficas vinculadas en el Neoproterozoico – Cámbrico Temprano del Noroeste Argentino. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 12 (2): 65-87.
- Ahumada A.L.; G.P. Ibáñez Palacios y S.V. Páez. 2005. Los glaciares de escombros en el NW argentino, acuíferos de altura en riesgo ante los cambios globales. XX Congreso Nacional del Agua – III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur, Mendoza. Versión digital ISSN/ISBN 987-22143-0-1.
- Ahumada, A. L.; G. P. Ibáñez Palacios y M. Centeno Burgos. 2006. Geocryogenic Forms, Natural Geological Heritage in the Los Alisos National Park, Tucumán. Symposium on Climate Change: Organizing the Science in the American Cordillera, Mendoza, Abstracts, pp. 51.
- Arana, R.; T. Rodríguez Estrella; M. A. Mancheño Jiménez; F. Guillén Mondéjar; R. Ortiz Silla; M. T. Fernández Tapia y A. Del Ramo Jiménez. 1999. El Patrimonio Geológico de la región de Murcia. Fundación Séneca. 399 pp.
- Arenson, L.; M. Hoelzle y S. Springman. 2002. Borehole deformation measurements and internal structure of some rock glaciers in Switzerland. *Permafrost and Periglacial Processes* 13: 117-135.

- Barsch, D. 1996. *Rockglaciers*. Springer, Berlin, 331 pp.
- Caminos, R. 1979. Las Sierras Pampeanas Noroccidentales de Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. II Simposio de Geología Regional Argentina, Córdoba, Actas (1): 225-291.
- Castillo Martín, A. 1996. Peculiaridades y estrategias de conservación del Patrimonio Geológico. *Geogaceta* 19: 195-198.
- Cendrero, A. 1996. El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 112 pp.
- Corte, A. E. 1955. El congelamiento del suelo y la distribución circular de *Deyeuxia chrysostachia* dentro de la zona de procesos criopedológicos en la Alta Cordillera de Mendoza, Argentina. *Revista Argentina de Agronomía* 22 (3): 121-133.
- Corte, A. E. 1983. Los conceptos: geocriogénico - parageocriogénico y glacial - paraglacial en los Andes Centrales de Argentina, latitud 30°. *IANIGLA, Anales* 83: 43-63.
- Fox, A. y M. Strecker. 1991. Pleistocene and modern snowlines in the Central Andes (24 - 28° S). En: Garleff, K. y Stingl, H. (Editores), *Sudamérica Geomorphologie un Paläoökologie im jungeren Quartär*. Bamberger Geographische Schriften Bd 11: 169-182.
- García Cortés, A.; D. Baretino y E. Gallego. 2000. Inventario y catalogación del patrimonio geológico español. Revisión histórica y propuesta de futuro. En Baretino, D.; W. A. P. Wimbledon y E. Gallego (Editores), *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, pp. 51-71.
- Grandgirard, V. 1997. Géomorphologie et études de l'impact sur l'environnement. *Bulletin de la Société Fribourgeoise de Sciences Naturelles*, 86 pp.
- Haeberli, W. 1985. Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers. *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH, Zürich*, 77: 1-142.
- Ibáñez Palacios, G. P. 2007. Zonación altitudinal de los procesos criogénicos en la cuenca alta del Río Conventillo, Tucumán, Argentina. *Acta geológica lilloana* 20 (1): 73-82.
- Lago, M.; E. Arranz; J. A. Andrés; A. R. Soria y C. Galé. 2001. *Patrimonio Geológico: Bases para su estudio y metodología*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigación, 107 pp.
- Leynaud, F. 2002. Inventario y caracterización de los Puntos de Interés Geológico (PIG) de la provincia de Córdoba. En: Cabaleri, N.; C.A. Cingolani; E. Linares; M. G. López de Luchi; H. A. Ostera y H.O. Panarello (editores), *Actas del XV Congreso Geológico Argentino CD-ROM*. Artículo N° 77, 7pp.
- Rabatel, A.; B. Francou; V. Jomelli; P. Naveau y D. Grancher. 2008. A chronology of the Little Ice Age in the tropical Andes of Bolivia (16°S) and its implications for climate reconstruction. *Quaternary Research* 70: 198-212.
- Rohmeder, W. 1943. Observaciones meteorológicas en la región encumbrada de las Sierras de Famatina y del Aconquija (República Argentina). *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 136: 97-124.
- Schellenberger, A.; R. Mailänder; H. Stingl y H. Veit. 1998. Investigations on Late Quaternary landscape and climate evolution in the Sierra de Cachi (Province of Salta, NW - Argentina). *Terra Nostra* (98/5): 16. LAK - Bayreuth, pp. 144.
- Serrano, E. 2004. Paisajes de montaña de la Península Ibérica: Caracteres y necesidad de conservación. En: *La conservación del paisaje*. Fundación Biodiversidad, Sevilla, pp. 91-138.
- Soria, M.; G. Meléndez y K.N. Page. 1996. Análisis comparativo del marco legal sobre la declaración de espacios protegidos en Gran Bretaña y en España. *Geogaceta* 19: 207-210.
- Strahler, A. N. 1981. *Geografía física*. Editorial Omega, 767 pp.
- Strasser, A.; P. Heitzmann; P. Jordan; A. Stapfer; B. Stürm; A. Vogel y M. Weidmann. 1995. Géotopes et la protection des objets géologiques en Suisse: un rapport stratégique. Groupe Suisse pour la protection des géotopes, Fribourg, 27 pp.
- Theodossiou-Drandaki, I. 2000. Sin educación no es posible la conservación. En Baretino, D.; W. A. P. Wimbledon y E. Gallego (Editores), *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, pp. 119-136.
- Trombotto, D. T. A. y A. L. Ahumada. 2005. Los fenómenos periglaciales. Identificación, determinación y aplicación. *Opera Lilloana* 45: 1-131 pp.
- Van Everdingen, R. 2005. Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms. Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology, 90 pp.
- Villalba, R. 1994. Tree-rings and glacial evidence for the Medieval Warm Epoch and the Little Ice Age in Southern South America. *Climatic Change* 30: 1-15.
- Washburn, A. L. 1956. Classification of patterned ground and review of suggested origins. *Geological Society of America Bulletin* 67: 823-865.
- Wimbledon, W. A. P.; A. A. Ishchenko; N.P. Gerasimenko; L.O. Karis; V. Suominen; C.E. Johansson y C. Freden. 2000. Proyecto *Geosites*, una iniciativa de la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS). La ciencia respaldada por la conservación. En Baretino, D.; W. A. P. Wimbledon y E. Gallego (Editores), *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, pp. 73-100.