

Patrimonio geológico en una región de la Sierra de Aconquija, Provincias de Tucumán y Catamarca, Argentina

Gloria Patricia Ibáñez Palacios

Ana Lía Ahumada

Silvia Verónica Páezⁱ

Fundación Miguel Lillo (Argentina)

Resumen: Los accesos al Parque Nacional Campo de Los Alisos (Sierra de Aconquija) poseen 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 lugares de interés geológico (LIG) relacionados con las criogeofomas cuaternarias en la región, con el objeto de divulgar el Patrimonio geológico y la preservación de los geositos en la región, y ofrecer estos conocimientos a los especialistas en turismo para que se generen los georecursos y geoproductos necesarios para la actividad turística. Durante el trabajo de campo se identificaron numerosos lugares de interés geológico.

Palabras clave: Patrimonio geológico; Geoconservación; Lugares de Interés Geológico; Geositos; Sierra de Aconquija.

Title: Geological heritage in a region of the Sierra de Aconcagua, Provinces of Tucuman and Catamarca, Argentina

Abstract: Access to Campo de los Alisos National Park, Sierra de Aconquija, 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 cryoforms in the region 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, and offer this knowledge to specialists in tourism to generate the georesources and geoproducts necessary for tourism activity. Large number of geotopes were identified during the field work.

Keywords: Geological heritage; Geoconservation; Geological Interest Sites; Geosites; Aconquija Range.

ⁱ Instituto de Geología de Cuaternario y Paleoclimas. E-mail: gpibanezp@yahoo.com.ar
E-mail2: ana-ahumada@argentina.com E-mail3: verpaez@yahoo.com

Introducción

Los accesos al Parque Nacional Campo de los Alisos creado en 1995 para proteger un sector representativo de la selva y el bosque montanos y el bioma altoandino, cuentan con un Patrimonio geológico extraordinariamente valioso y diverso. Orográficamente el área corresponde al ambiente morfoestructural de las Sierras Pampeanas, con una altura media de 5.000 m s.n.m. Los picos más importantes son: Cerro La Bolsa o Tipillas 5.200 m s.n.m., Cerro Las Cuevas 5.000 m s.n.m. y Cerro Negro 4.700 m s.n.m..

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 seguido provoca 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 integrante.

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.

El retraso de la conservación del Patrimonio geológico en comparación con otros elementos del Patrimonio natural ha sido 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 todavía muy por detrás del existente con relación a la flora y la fauna (Theodossiou-Drandaki, 2000).

La conservación de los sitios de alto interés geológico es útil para garantizar que las futuras generaciones puedan continuar conociendo y apreciando directamente el efecto de la evolución geológica de la Tierra. Sin embargo, el conocimiento de su importancia y riqueza 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, que en muchos casos resulta ampliamente expuesto a riesgos de deterioro debido al impacto de las actividades humanas.

Los países desarrollados han comenzado a mostrar una sensibilidad creciente hacia el conocimiento, la valoración, la protección y la oferta de su Patrimonio geológico. Esta tendencia se puede observar en las actividades espontáneas hacia la naturaleza y las iniciativas legales, concernientes a censos, protección y valoración, y también, en el campo científico, con la aplicación de métodos de investigación rigurosos (Panizza y Piacente, 2003). 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 lugares de interés geológico.

Actualmente se está tendiendo a ir más allá de la simple protección y conservación, tratando de definir estrategias para la gestión del Patrimonio geológico, así como para la puesta en valor del mismo; es decir, tratar los elementos del Patrimonio geológico como recursos y bases para un desarrollo socio-económico sostenible (Bruschi, 2007).

El objetivo del presente trabajo es la aplicación de una metodología para la valoración y divulgación del patrimonio geológico del área de estudio, mediante el inventario preliminar de los lugares de interés geológico más notorios, en las rutas de acceso al Parque Nacional Los Alisos, atendiendo a sus valores tanto naturales como culturales.

Geoconservación en Argentina

En Argentina, como en muchos otros países, la información disponible y las actividades propuestas para la conservación del Patrimonio natural se refieren predominantemente a aspectos biológicos, puesto que, existe la creencia, errónea, de que el Patrimonio biológico es siempre más vulnerable ante cambios o amenazas que los lugares de interés geológico, sin embargo, la naturaleza biológica tiene, casi siempre, una cierta capacidad para ajustarse a los cambios mientras que, con frecuencia, este no es el caso de la naturaleza abiótica (Wimbledon et al., 2000). Muchos elementos geológicos tienen una extensión finita, son únicos, extremadamente frágiles y completamente no renovables debido a su bajo potencial de preservación.

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, excepto aquellos que han quedado dentro de áreas protegidas o que se consideran monumentos naturales (Ley Nacional 22.351/80 "Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales"). A pesar de que no existe 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.

Al contar nuestro país con un sinnúmero de ejemplos de singular importancia geológica, que merecerían ser conocidos, protegidos y conservados para la promoción y divulgación de las Ciencias de la Tierra y su utilización educativa y turística – científica, se hace imperativo plantear el marco legal que permita la conservación, por lo menos parcial, de estos documentos, como Patrimonio geológico.

Debido a que los geólogos y las instituciones del país son cada vez más conscientes de la importancia de conservar y difundir este patrimonio, desde hace aproximadamente una década se han comenzado a realizar simposios sobre Patrimonio geológico en el ámbito de los Congresos Argentinos de Geología. Por otra parte el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) ha publicado en el 2008 el libro “Sitios de Interés Geológico de la República Argentina”, destinado a incrementar la difusión del conocimiento geológico y su preservación. Esta publicación está dirigida no sólo a profesionales de las Ciencias de la Tierra, sino también al público en general y a aquellos que desarrollan actividades en el ámbito del turismo y la educación. Actualmente el SEGEMAR está realizando guías provinciales, guías de parques nacionales, guías de campo y de circuitos geoturísticos donde el desarrollo del aspecto geológico y su conservación es protagonista.

Metodología de trabajo

La investigación se desarrolló en tres etapas: preliminar, de campo y de gabinete. En la etapa preliminar mediante el análisis e interpretación de imágenes satelitales y de fotografías aéreas de la década del 60 – 70 a escala 1:50.000 se seleccionaron los lugares de interés geológico a inventariar y evaluar. Escogiéndose 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 procedió al chequeo, evaluación y caracterización de los lugares de interés geológico.

En la etapa de gabinete a partir de la información obtenida en las etapas anteriores se confeccionaron los mapas de ubicación de los geositos (Figura 1 y 2) y el inventario de cada uno de los lugares documentados mediante una ficha modificada de Leynaud (2002) que incluye los aspectos más relevantes que caracterizan a cada lugar de interés.

Esta ficha de valoración que 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 geosito, la denominación del sitio, datos de ubicación según la división política provincial y departamental, y descripción de las posibilidades de acceso al sitio.
- 2- Bloque de descripción: se reseña el contenido del geosito, su estado de conservación, caracterización climática, observaciones y fotografía del sitio.
- 3- Bloque de clasificación según el tipo de interés: se clasifican los geositos por su contenido, por su utilización y por su influencia.

Para clasificar a los geositos por su contenido toma-

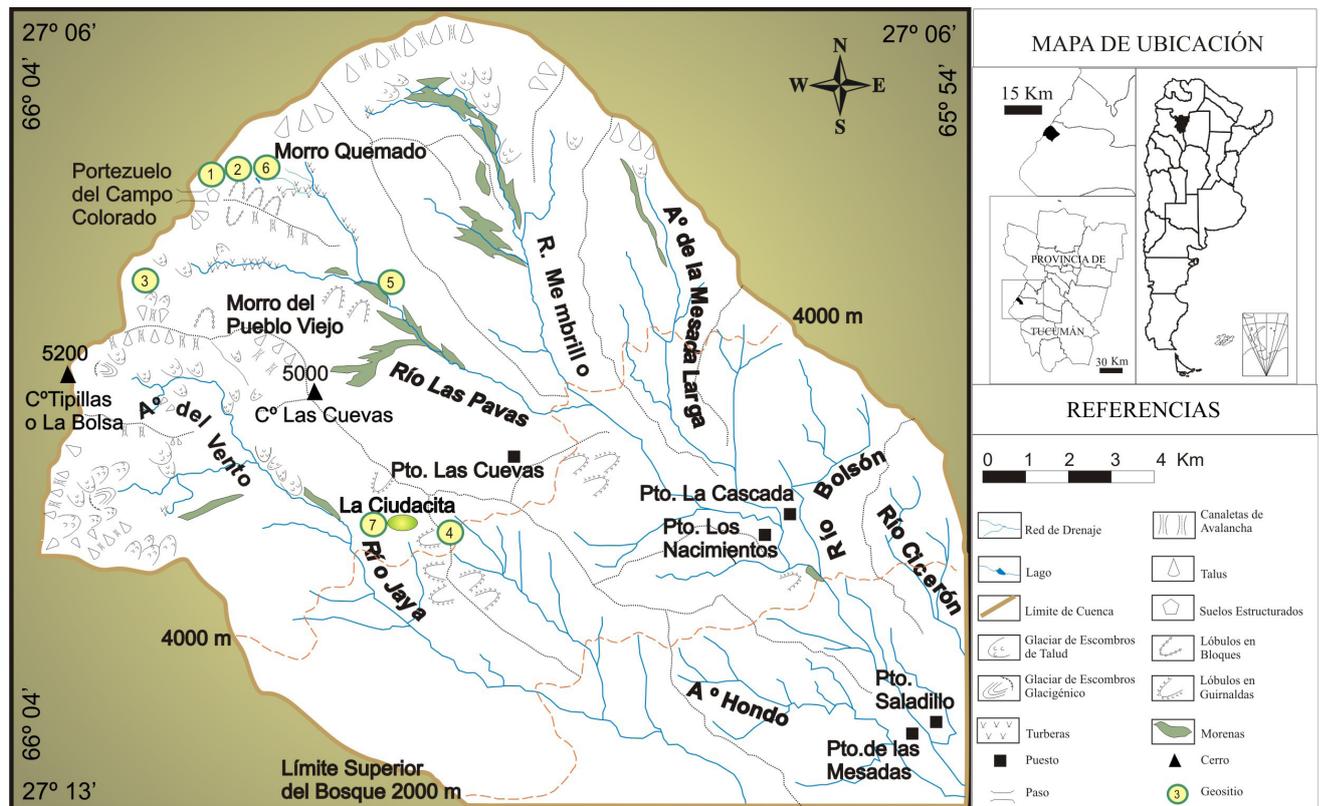


Figura 1: Mapa de geformas criogénicas y localización de los lugares de interés geológico en la cuenca alta de los ríos Jaya y Las Pavas.

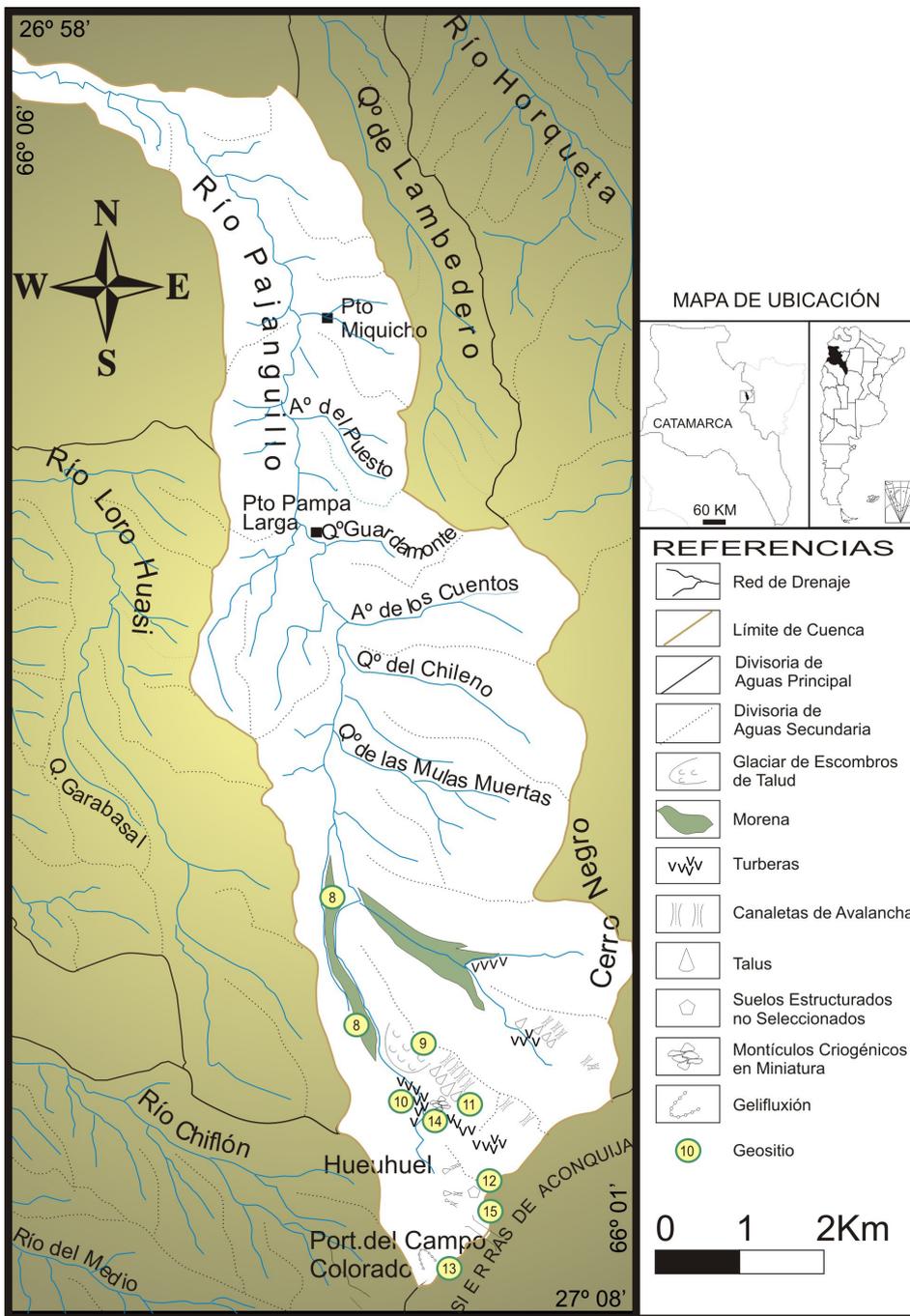


Figura 2: Mapa de geformas criogénicas y localización de los lugares de interés geológico en la cuenca alta del río Pajanguillo.

mos como base las distintas ramas de la geología, por ejemplo si en el lugar se ha emplazado o es factible emplazar alguna obra civil (camino, puente, dique, etc.) tendríamos un geosito de interés geotécnico. Además aquí se toma en cuenta si debido a la particularidad y valor paisajístico del sitio la presencia de un museo de ciencias naturales lo potenciaría aún más.

en 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.

El área de estudio corresponde a un clima seco de

Para evaluar los geositos por su utilización e influencia, y teniendo en cuenta que gran parte del área de estudio se encuentra dentro del Parque Nacional Campo de los Alisos uno de los espacios naturales con más afluencia de visitantes tanto de la provincia como del resto del país, analizamos las preferencias e intereses de los visitantes al parque.

A modo de ejemplo se adjunta la ficha de valoración de dos de los lugares de interés geológico (Figura 3 y 4).

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 26° 58' – 27° 13' de latitud Sur y los 66° 06' – 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 cuasi-monzónico 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. Debido al efecto de “sombra de lluvia” (Ahumada, 2002) las precipitaciones disminuyen rápidamente hacia el oeste, hasta alcanzar valores inferiores a los 200 mm. Las precipitaciones nievadas y de granizo se registran en las máximas alturas

alta montaña, con el suelo frecuentemente congelado hasta considerables profundidades. La temperatura mínima media de enero se encuentra cercana a 0°C y la de julio en el orden de los -10°C, con más de 200 días con heladas al año (Minetti et al., 2005).

La mejor época para visitar la zona es de abril a mayo y de setiembre a noviembre. Debido a que las precipitaciones

de granizo, que se registran en las máximas alturas de diciembre a marzo, dificultan el acceso hacia la zona cumbre. Además las temperaturas extremadamente bajas de junio a agosto también disminuyen considerablemente el acceso a la región durante estos meses.

Desde el punto de vista geológico la columna estratigráfica en el área de estudio se inicia con rocas metamórficas

FICHA DE LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO (LIG)

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

FECHA: 11/10/2004	Geositio: 6	Altura: 4.638 m s.n.m.
DENOMINACIÓN: Lago Postglacial		
DEPARTAMENTO: Chicligasta		
UBICACION: Cuenca alta del Río Las Pavas - Parque Nacional Campo de Los Alisos		
VIAS 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.		

DESCRIPCIÓN

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 glaciar de la región



TIPO DE INTERÉS

POR SU CONTENIDO			
Estratigráfico		Mineralógico	
Paleontológico		Geomorfológico	X
Tectónico		Geofísico	
Hidrogeológico	X	Geoquímico	
Petroológico		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 3: Ficha descriptiva del Geositio 6

FICHA DE LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO (LIG)

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

FECHA: 22/09/2006	Geosítio: 9	Altura: 4.283 m s.n.m.
DENOMINACIÓN: Glaciar de escombros de Talud		
DEPARTAMENTO: Santa María		
UBICACION: Cuenca alta del Río Pajanguillo en el límite entre Catamarca y Tucumán		
VIAS DE ACCESO: Desde San Miguel de Tucumán por Ruta Nacional 38 y a la altura de la localidad de Acheral se empalma con Ruta Provincial 307, hasta el cruce con Ruta Nacional 40. Se continúa por la Ruta 40 hasta Santa María, se siguen 35 km por Ruta 40 hasta el empalme de ésta con el camino a Capillitas (Ruta Provincial 47). Se recorren 12 km por Ruta Provincial 47 hasta el desvío que lleva al puesto del Tesoro de Arriba. Desde aquí se transita por sendas de herradura hasta la cuenca alta del Río Conventillo		

DESCRIPCIÓN

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: Muy Bueno

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA: El clima de la región tiene características de semiárido, con menos de 200 mm de precipitaciones anuales y temperatura media inferior a 8 °C.

OBSERVACIONES: Su espesor promedio es superior a 100 m, en superficie presenta crestas y surcos longitudinales. Se observa que las crestas están colonizadas por vegetación, como líquenes. Su frente presenta pendientes superiores a 40°



TIPO DE INTERÉS

POR SU CONTENIDO			
Estratigráfico		Mineralógico	
Paleontológico		Geomorfológico	X
Tectónico		Geofísico	
Hidrogeológico	X	Geoquímico	
Petrológico		Sedimentológico	
Geotécnico		Geohistórico	
Minero		Museos	
POR SU UTILIZACIÓN			
Turístico	X	Científico	X
		Didáctico	X
		Económico	
POR SU INFLUENCIA			
Local	X	Provincial	X
		Nacional	
		Internacional	

Figura 4: Ficha descriptiva del Geosítio 9

alta montaña, con el suelo frecuentemente congelado hasta considerables profundidades. La temperatura mínima media de enero se encuentra cercana a 0°C y la de julio en el orden de los -10°C, con más de 200 días con heladas al año (Minetti et al., 2005).

La mejor época para visitar la zona es de abril a mayo y de setiembre a noviembre. Debido a que las precipitaciones

de granizo, que se registran en las máximas alturas de diciembre a marzo, dificultan el acceso hacia la zona cumbral. Además las temperaturas extremadamente bajas de junio a agosto también disminuyen considerablemente el acceso a la región durante estos meses.

Desde el punto de vista geológico la columna estratigráfica en el área de estudio se inicia con rocas metamór-

ficas, ígneas y migmatitas del denominado “Basamento Cristalino”, que constituye el núcleo de las Sierras de Aconquija y se asigna al Precámbrico – Cámbrico Inferior (Aceñolaza y Alonso, 2001; Aceñolaza y Aceñolaza, 2005).

En el área se reconocen micacitas biotíticas de grano fino con bandas regulares de colores claros de cuarzo y feldespato potásico, con granates y alternantes con bandas de colores oscuros de cuarzo, biotita y hornblenda. También afloran esquistos inyectados, gneis y migmatitas. Se observan además diques leucocráticos de texturas y composiciones variables, 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 cumbre de la Sierra de Aconquija, fue cubierta por lo menos por tres episodios glaciares (Fox y Strecker, 1991).

Lugares de Interés Geológico (LIG)

Un lugar de interés geológico (LIG) se destaca por su carácter único y/o representativo, para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos de una región, incluyendo los procesos que los han modelado, los climas del pasado y su evolución paleobiológica (García Cortés y Carcavilla Urquí, 2009). Estos LIG o geositorios deberán mostrar, de manera suficientemente continua y homogénea en toda su extensión una o varias características notables y significativas de la historia geológica de una región natural (Arana et al., 1999; García Cortés et al., 2000; Lago et al., 2001; García Cortés y Carcavilla Urquí, 2009). Son geositorios 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). Los geositorios permiten comprender la evolución espacio temporal de una región, la significación de los procesos superficiales y la importancia de las rocas en tanto que elementos indicadores de paisajes (Strasser et al., 1995). Es decir que podemos considerar lugares de interés geológico, a todos aquellos elementos geológicos destacables del entorno circundante por su valor científico, histórico-cultural, paisajístico, educativo, turístico y socioeconómico. Cabe resaltar que un geositorio forma parte fundamental del patrimonio natural, 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.

Un lugar de interés geológico tiene características y dimensiones variables, puede ser desde un elemento puntual como un bloque errático, hasta por ejemplo un circo glaciar que alberga varios elementos de interés y con entidad paisajística.

Hasta el momento se han catalogado y analizado 15 geositorios en el área de estudio algunos de ellos ya mencionados por Ahumada et al (2006), a los que por su singularidad, consideramos un verdadero ejemplo de Patrimonio geológico:

Geositorio 1: Suelos estructurados en el Portezuelo 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, 1998). 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 Portezuelo del Campo Colorado (pendiente hasta 2°) a 4.809 m s.n.m., 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 A. Washburn (1956) éstos se definen como suelos seleccionados. Estos suelos se caracterizan por la ausencia de vegetación.

Geositorio 2: Geliflujión en bloques en las inmediaciones del Portezuelo del Campo Colorado

Desde el Portezuelo del Campo Colorado es posible observar escalones de soliflujión en bloques a 4.645 m s.n.m. (Figura 5). 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.

Geositorio 3: Glaciar de escombros de talud

Próximo al portezuelo del Campo Colorado a 4.534 m s.n.m. Los glaciares de escombros son mesoformas criogénicas que se componen de detrito congelado y que contienen diferentes tipos de hielo. Son cuerpos congelados que reptan por gravedad y deformación plástica del permafrost de montaña. Para su formación, desarrollo y mejor conservación, deben mantener temperaturas del aire inferiores a -1°C.

Este glaciar de escombros 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.

Geositorio 4: Geliflujión en guirnalda 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 m s.n.m. (Figura 6). Se trata de depósitos de geliflujión en bloques cuyos frentes están contenidos o demarcados por vegetación. En este caso la acción de la soliflujión 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, A, 1955) con su parte cóncava en dirección de la pendiente. Estas formas se encuentran por arriba del

ficas, ígneas y migmatitas del denominado “Basamento Cristalino”, que constituye el núcleo de las Sierras del Aconquija y se asigna al Precámbrico – Cámbrico Inferior (Aceñolaza y Alonso, 2001; Aceñolaza y Aceñolaza, 2005).

En el área se reconocen micacitas biotíticas de grano fino con bandas regulares de colores claros de cuarzo y feldespato potásico, con granates y alternantes con bandas de colores oscuros de cuarzo, biotita y hornblenda. También afloran esquistos inyectados, gneis y migmatitas. Se observan además diques leucocráticos de texturas y composiciones variables, 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 cumbrial de la Sierra de Aconquija, fue cubierta por lo menos por tres episodios glaciares (Fox y Strecker, 1991).

Lugares de Interés Geológico (LIG)

Un lugar de interés geológico (LIG) se destaca por su carácter único y/o representativo, para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos de una región, incluyendo los procesos que los han modelado, los climas del pasado y su evolución paleobiológica (García Cortés y Carcavilla Urquí, 2009). Estos LIG o geositorios deberán mostrar, de manera suficientemente continua y homogénea en toda su extensión una o varias características notables y significativas de la historia geológica de una región natural (Arana et al., 1999; García Cortés et al., 2000; Lago et al., 2001; García Cortés y Carcavilla Urquí, 2009). Son geositorios 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). Los geositorios permiten comprender la evolución espacio temporal de una región, la significación de los procesos superficiales y la importancia de las rocas en tanto que elementos indicadores de paisajes (Strasser et al., 1995). Es decir que podemos considerar lugares de interés geológico, a todos aquellos elementos geológicos destacables del entorno circundante por su valor científico, histórico-cultural, paisajístico, educativo, turístico y socioeconómico. Cabe resaltar que un geositorio forma parte fundamental del patrimonio natural, 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.

Un lugar de interés geológico tiene características y dimensiones variables, puede ser desde un elemento puntual como un bloque errático, hasta por ejemplo un circo glaciar que alberga varios elementos de interés y con entidad paisajística.

Hasta el momento se han catalogado y analizado 15 geositorios en el área de estudio algunos de ellos ya mencionados por Ahumada et al (2006), a los que por su singularidad, consideramos un verdadero ejemplo de Patrimonio geológico:

Geositorio 1: Suelos estructurados en el Portezuelo 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, 1998). 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 Portezuelo del Campo Colorado (pendiente hasta 2°) a 4.809 m s.n.m., 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 A. Washburn (1956) éstos se definen como suelos seleccionados. Estos suelos se caracterizan por la ausencia de vegetación.

Geositorio 2: Gelifluxión en bloques en las inmediaciones del Portezuelo del Campo Colorado

Desde el Portezuelo del Campo Colorado es posible observar escalones de solifluxión en bloques a 4.645 m s.n.m. (Figura 5). 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.

Geositorio 3: Glaciar de escombros de talud

Próximo al portezuelo del Campo Colorado a 4.534 m s.n.m. Los glaciares de escombros son mesoformas criogénicas que se componen de detrito congelado y que contienen diferentes tipos de hielo. Son cuerpos congelados que reptan por gravedad y deformación plástica del permafrost de montaña. Para su formación, desarrollo y mejor conservación, deben mantener temperaturas del aire inferiores a -1°C.

Este glaciar de escombros 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.

Geositorio 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 m s.n.m. (Figura 6). 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, A, 1955) con su parte cóncava en dirección de la pendiente. Estas formas se encuentran por arriba del



Figura 5: Geliflución en bloques en las proximidades del Portezuelo del Campo Colorado (Geositio 2)

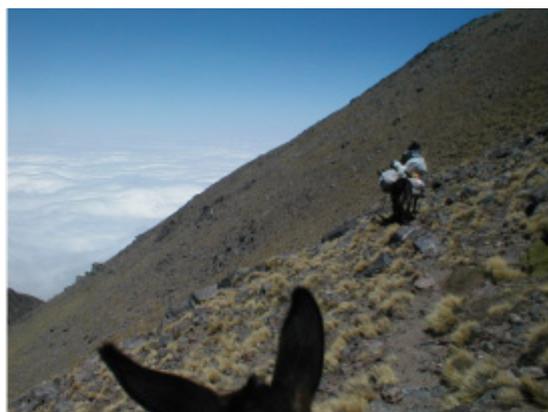


Figura 6: Geliflución en guinaldas en las proximidades de las ruinas de La Ciudadcita (Geositio 4)



Figura 7: Morenas laterales en un afluente del Río Las Pavas (Geositio 5)



Figura 8: Lago postglacial cercano al Paso de la Apacheta (Geositio 6)



Figura 9: Campo de bloques en el emplazamiento de las ruinas de La Ciudadcita (Geositio 7)



Figura 10: Glaciar de escombros de talud en la cuenca alta del Río Pajanguillo (Geositio 9)

límite superior del bosque o en niveles altitudinales bajos del piso periglacial.

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

Se observan dos sistemas morénicos aproximadamen-

te a 4.300 m s.n.m. (Figura 7), el localizado a mayor altura en la ladera correspondería al Late Pleistocene (Fox y Strecker, 1991) y el sistema del Little Ice Age recostado sobre el anterior a menor altura, reflejando el último avance glaciario reciente en la región. Estos depósitos morénicos están constituidos por bloques heterométricos,



Figura 11: Turbera de fondo de valle en la cuenca del Río Pajanguillo (Geositio 10)



Figura 12: Suelos estructurados no seleccionados en la cuenca alta del Río Pajanguillo (Geositio 12)

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 (Strahler, A, 1981). Forman montículos, colinas o alineaciones que culminan en una cresta aguda (Strahler, A, 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 la más moderna aún no se manifiestan.

Geositio 6: Lago postglacial 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 m s.n.m. (Figura 8).

En el caso particular de nuestro geositio se trata de un lago de altura postglacial es decir, que ocupa el fondo de un antiguo circo glaciar y se alimenta del descongelamiento de los depósitos nivéos del entorno. Constituyendo así una importante señal de la degradación del ambiente glacial en la región.

Geositio 7: Campo de bloques en las ruinas de La Ciudadcita

Las ruinas de La Ciudadcita que se encuentran a 4.373 m s.n.m. 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 9).

Geositio 8: Morena frontal y laterales en el Río Pajanguillo

Las acumulaciones de los detritos transportados por el glaciar dieron origen a una morena frontal y morenas laterales, que conforman un verdadero anfiteatro morénico. Se trata de una acumulación caótica de rocas de diversos tamaños procedentes del basamento cristalino, acompañadas por una matriz arenosa fina.

Geositio 9: Glaciar de escombros de talud

Este glaciar de escombros se encuentra en la cuenca alta del Río Pajanguillo a 4.283 m s.n.m. (Figura 10), se ha generado por avalanchas nivodetríticas, es decir, que esta

geoforma es consecuencia directa de la presencia de suelo congelado permanentemente o permafrost de montaña. Su espesor promedio derivado de la altura de su frente es de 100 m, en superficie presenta un microrrelieve de crestas y surcos longitudinales. Se observa que las crestas están colonizadas por vegetación, como líquenes. Desde el punto de vista petrográfico está formado por bloques del basamento cristalino, principalmente esquistos y gneis de formas y tamaños heterogéneos. Su frente presenta pendientes superiores a 40°. Una pendiente tan fuerte en material no consolidado, sólo puede ser preservada a través de la presencia de permafrost y un desplazamiento rápido del glaciar de escombros (Brenning, A, 2003).

Geositio 10: Turbera de fondo de valle

Esta área hidromorfa se encuentra a 4.250 m s.n.m. en el fondo de valle de la cuenca del Río Pajanguillo (Figura 11), en donde el agua procedente del descongelamiento de suelos del piso altitudinal criogénico no se percola o escurre con la suficiente rapidez debido a la presencia de un lecho sedimentario impermeable (sedimentos glaciares).

Geositio 11: Talus

Son acumulaciones de rocas angulosas y crioregolito de diferentes tamaños originados por la dinámica del congelamiento sobre las rocas y por el aporte de las avalanchas nivodetríticas, que se observan en las laderas de la cuenca alta del Río Pajanguillo.

Geositio 12: Suelos estructurados no seleccionados

En la cuenca alta del Río Pajanguillo a 4.611 m s.n.m. se observan suelos estructurados de 12 a 15 cm de diámetro (Figura 12), sin diferenciación granulométrica entre los centros y sus periferias conformando suelos horizontalmente no seleccionados. Además están presentes pequeñas estructuras de extrusión o volcanes de la tundra, se trata de formas cónicas constituidas por el material fino expelido por crioturbação y presión criostática en el substrato, que a menudo participa en el origen de los suelos estructurados.

Geositio 13: Gelifluxión

Se observa en las pendientes de la cuenca alta del Río Pajanguillo por arriba de los 4.500 m s.n.m. Se trata de depósitos heterométricos, con clastos angulosos, que se caracterizan por presentar los ejes mayores de los frag-

mentos orientados en la dirección del movimiento.

Geosítio 14: Montículos criogénicos en miniatura

En la cuenca alta del Río Pajanguillo estos montículos criogénicos (earth hummocks, pounus o thúfur) se desarrollaron en superficies planas o de pendientes suaves, en el piso de un valle glacial cubierto por turberas de altura que se encuentra a 4.265 m s.n.m. Presentan alturas de 30 a 50 cm sobre la superficie y diámetros basales que oscilan entre los 110 cm y los 25 cm, con un promedio de las formas medidas de 56 cm de largo y 47 cm de ancho. No son círculos regulares y algunos se asocian entre sí generando formas elongadas en el sentido de la pendiente y en ocasiones coalescen constituyendo formas complejas. En algunas zonas del campo de montículos también es posible observar los efectos de la crioección de bloques a simple vista.

Geosítio 15: Ventifactos

En el paso de la Apacheta a 4.809 m s.n.m. como consecuencia de los fuertes vientos y sus efectos erosivos se observa la presencia de fragmentos de rocas del basamento metamórfico con sus caras facetadas, con aristas desgastadas y a veces en forma de pirámide o diedro.

Resultados

En la zona de estudio las criogeofomas cuaternarias, favorecen la existencia de una alta geodiversidad, propia de un paisaje de alta montaña. Como resultado de la evolución geológica de la región y los procesos tectónicos, erosivos, glaciales y periglaciales se han formado diferentes lugares de interés geológico de valor científico, didáctico – educativo y geoturístico. Se han catalogado y analizado un total de 15 geosítios con el fin de dar un valor agregado a aquellos lugares que por sus características geológicas, presentan un valor paisajístico significativo. La difícil accesibilidad a la zona favorece la conservación y preservación de los mismos, si bien se debe considerar la necesidad de protegerlos bajo un marco legal, para evitar la pérdida irreversible de los mismos.

Discusión

Debido a su agreste orografía y clima durante largo tiempo la alta montaña se ha protegido a sí misma, manteniendo alejados los grandes flujos de población, lo que fue determinante para evitar una mayor transformación del medio, y favorecer la conservación de buena parte de su Patrimonio natural (González Trueba y Serrano Cañadas, 2008). Pero en el último siglo, el desarrollo de la técnica ha permitido al hombre intensificar los usos y aprovechamientos que se hace de las áreas de alta montaña. Éstas se han convertido en un recurso de primera magnitud, cuyos beneficios en muchas ocasiones están por encima no sólo de la propia preservación del Patrimonio natural, sino también de la utilización racional y sostenible del medio natural como recurso.

La explotación turística de estas regiones altitudinales

en los países en desarrollo se ha venido incentivando progresivamente con el objeto de propender a generar fuentes de trabajo digno en pobladores locales, y de esta manera erradicar progresivamente la pobreza de estas pequeñas comunidades alejadas. Indudablemente el turismo es una alternativa válida y de implementación rápida. Pero es necesario generar los conocimientos apropiados para la explotación de un Patrimonio natural y cultural que por lo general y bajo las actuales condiciones climáticas presentan una extrema fragilidad.

Las dificultades que impuso hasta el momento la Sierra de Aconquija al desarrollo de las actividades humanas, derivado de factores intrínsecos a la misma, como la altitud y sus implicaciones morfoclimáticas, y una topografía de fuertes pendientes y desniveles, entre otros, han condicionado una menor intensidad de los usos y aprovechamientos humanos, por lo que se ha convertido en un espacio natural de gran calidad ambiental y paisajística. De forma que además de un recurso, constituye sobretodo un Patrimonio natural y cultural que estamos obligados a preservar; no inmovilizándolo, pero sí evitando los impactos que supongan una pérdida de su naturalidad.

Actualmente al tradicional uso pastoril de la Sierra de Aconquija se ha incorporado la explotación de los recursos mineros y fundamentalmente la zona del Parque Nacional Campo de los Alisos se está transformando en un foco de atracción turística cada vez más masivo, por lo que es necesario el establecimiento de algunas medidas de protección que proporcionen el marco adecuado para la conservación del Patrimonio geológico, patrimonio que en algunos aspectos es similar al Patrimonio histórico o arqueológico, pero difiere principalmente en el carácter único de los objetos a proteger.

Conclusiones

- Se presentan algunos aspectos desconocidos para el público en general con el objetivo de fomentar el interés por un tipo de patrimonio que a veces pasa inadvertido entre flora, fauna, arqueología, etc. y de esta manera concientizar a la comunidad de la importancia y de los beneficios derivados de la conservación de estos recursos hasta ahora desconocidos; dado que es esencial incorporar en la cultura de las comunidades, aspectos informativos sobre los procesos geológicos que hicieron posible la formación y posterior conservación de estos documentos de la naturaleza.
- En las rutas de acceso al Parque Nacional Campo de los Alisos hay un Patrimonio geológico excepcional, tanto por su diversidad y singularidad, como por su estado de conservación.
- Se han inventariado hasta el momento 15 sitios con entidad para ser catalogados como lugares de interés geológico (LIG), sin que se haya agotado el total de este recurso en el sector de estudio, lo que demuestra el gran potencial del mismo en la región.

- Los lugares de interés geológico son sitios cuya relevancia dentro del panorama geológico es tal, que su conservación podría marcar el camino hacia la protección integrada de grandes espacios. De manera tal que, el inventario específico de estos lugares no debe ser excluyente pero si necesario, desde el punto de vista científico y divulgativo.
- Las políticas de conservación de la naturaleza, incluyendo 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, Florencio G. y Alonso, Ricardo N.
2001 "Icno-asociaciones de la transición Precámbrico/Cámbrico en el noroeste de Argentina". *Journal of Iberian Geology* 27: 11 – 22.
- Aceñolaza, Florencio y Aceñolaza, Guillermo
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, Ana Lía
2002 "Periglacial phenomena in the high mountains of northwestern Argentina". *South African Journal of Science* 98(3-4):166-170.
- Ahumada, Ana Lía; Ibañez Palacios, Gloria Patricia y Páez, Silvia Verónica
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. ISSN/ISBN 987-22143-0-1.
- Ahumada Ana Lía; Ibañez Palacios, Gloria y Centeno Burgos, Matías
2006 "Geocryogenic Forms, Natural Geological Heritage in the Los Alisos National Park, Tucumán". Symposium on Climate Change: Organizing the Science in the American Cordillera. Abstracts (pp 51). Mendoza. Argentina.
- Arana Rafael; Rodríguez Estrella, Tomás; Mancheño Jiménez, Miguel Ángel; Guillén Mondéjar, Francisco; Ortiz Silla, Roque; Fernández Tapia, María Teresa; Del Ramo Jiménez, Antonio
1999 "El Patrimonio Geológico de la región de Murcia". Fundación Séneca, 399 pp.
- Brenning, Alexander
2003 "La importancia de los glaciares de escombros en los sistemas geomorfológico e hidrológico de la Cordillera de Santiago: fundamentos y primeros resultados". *Revista de Geografía Norte Grande* 30:7-22.
- Bruschi, Viola María
2007 "Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad". Tesis doctoral, Universidad de Cantabria, 341 pp.
- Castillo Martín, Antonio
1996 "Peculiaridades y estrategias de conservación del Patrimonio Geológico". *Geogaceta* 19:195-198.
- Cendrero, Antonio
1996 "El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización". Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid, 112 pp.
- Corte, Arturo 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.
- Fox, Andrew N. y Strecker, Manfred R.
1991 "Pleistocene and modern snowlines in the Central Andes (24 – 28° S)". En: Garleff, Karsten y Stingl, Helmut (Eds) *Sudamérica Geomorphologie un Paläoökologie im jüngeren Quartär*. Bamberger Geographische Schriften Bd 11: 169-182.
- García Cortés, Ángel; Baretino, Daniel y Gallego, Ernesto
2000 "Inventario y catalogación del patrimonio geológico español. Revisión histórica y propuesta de futuro". En Baretino, Daniel; Wimbledon, William A.P. y Gallego, Ernesto (Eds) *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, pp 51-71.
- García Cortés, Ángel y Carcavilla Urquí, Luis
2009 "Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). Instituto Geológico y Minero de España, 61 pp. En línea. Disponible en: <http://www.igme.es/internet/patrimonio/novedades/METODOLOGIA%20IELIG%20V12.pdf> (Fecha de consulta 27 de Junio de 2011).
- González Trueba, Juan José y Serrano Cañadas, Enrique
2008 "La valoración del patrimonio geomorfológico en espacios naturales protegidos. Su aplicación al Parque Nacional de los Picos de Europa". *Boletín de la Asociación Geológica Española* 47:175-194.
- Grandgirard, Vincent
1997 "Géomorphologie et études de l'impact sur l'environnement". *Bulletin de la Société Fribourgeoise de Sciences Naturelles*. 86 pp.
- Lago, Marceliano; Arranz, Enrique; Andrés, José Antonio; Soria, Ana Rosa y Galé, Carlos
2001 "Patrimonio Geológico: Bases para su estudio y metodología". Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigación,

- 107 pp.
Leynaud, Favián
2002 "Inventario y caracterización de los Puntos de Interés Geológico (PIG) de la provincia de Córdoba". En: Cabaleri, Nora; Cingolani, Carlos A; Linares, Enrique; López de Luchi, Mónica G.; Ostera, Héctor A. y Panarello, Héctor O. (Eds) *Actas del XV Congreso Geológico Argentino* CD-ROM. Artículo N° 77. 7pp.
- Minetti, Juan L.; Poblete, Arnobio G. y Longhi, Fernando
2005 "Los mesoclimas del Noroeste Argentino". En: Minetti, Juan L. (Ed) *El clima del Noroeste Argentino. Laboratorio Climatológico Sudamericano*. Fundación Carl C:Zon Caldenius, pp 217-233.
- Panizza, Mario y Piacente, Sandra
2003 "*Geomorfologia Culturale*". Pitagora, Bologna.
- Rohmeder, Guillermo
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, Andreas; Mailänder, Reiner; Stingl, Helmut y Veit, Heinz
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. 144 pp.
- Serrano, Enrique
2004 "Paisajes de montaña de la Península Ibérica: Caracteres y necesidad de conservación". *La conservación del paisaje*. Fundación Biodiversidad, Sevilla, pp 91-138.
- Soria, Montserrat; Meléndez, Guillermo y Page, Kevin N.
1996 "Análisis comparativo del marco legal sobre la declaración de espacios protegidos en Gran Bretaña y en España". *Geogaceta* 19:207-210.
- Strahler, Arthur N
1981 "*Geografía física*". Omega, Barcelona.
- Strasser, André; Heitzmann, Peter; Jordan, Peter; Stämpfer, André; Stürm, Bruno; Vogel, A; Weidmann, Markus
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, Irini
2000 "Sin educación no es posible la conservación". En Baretino, Daniel; Wimbledon, William A.P. y Gallego, Ernesto (Eds) *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, pp 119-136.
- Trombotto, Darío T. A. y Ahumada Ana Lía
2005 "Los fenómenos periglaciales. Identificación, determinación y aplicación". *Opera Lilloana* 45, 131 pp.
- Van Everdingen, Robert (Ed)
1998 revised May 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.
- Washburn, Albert Lincoln
1956 "Classification of patterned ground and review of suggested origins". *Geol. Soc. America Bull.* 67:823-865.
- Wimbledon, William A. P.; Ishchenko, Andriy A.; Gerasimenko, Natalya P.; Karis, Lars O.; Suominen, Veli, Johansson, Carl Erik y Freden, Curt
2000 "Proyecto Geosites, una iniciativa de la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS). La ciencia respaldada por la conservación". En Baretino, Daniel; Wimbledon, William A.P. y Gallego, Ernesto (Eds) *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, pp 73-100.

Recibido: 03/12/2010
Reenviado: 05/07/2011
Aceptado: 09/09/2011
Sometido a evaluación por pares anónimos