18 GEOGRAFÍA PARA EL SIGLO XXI SERIE: LIBROS DE INVESTIGACIÓN

Patrimonio geológico y su conservación en América Latina

Situación y perspectivas nacionales

José Luis Palacio Prieto (coordinador)
José Luis Sánchez Cortez
Manuel Enrique Schilling
(editores)

IG INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

Patrimonio geológico y su conservación en América Latina

Instituto de Geografía
Universidad Nacional Autónoma de México

Colección: Geografía para el siglo XXI
Serie: Libros de investigación, núm. 18

Patrimonio geológico y su conservación en América Latina

Situación y perspectivas nacionales

José Luis Palacio Prieto (coordinador)
José Luis Sánchez Cortez
Manuel Enrique Schilling
(editores)

México, 2016

Patrimonio geológico y su conservación en América Latina: Situación y perspectivas nacionales / Coord. José Luis Palacio Prieto. – México: UNAM; Instituto de Geografía, 2016
265 p. il. – (Geografía para el Siglo XXI.Libros de Investigación; 18)
ISBN (obra general): 970-32-2976-X
ISBN (libro): 978-607-02-8374-1

1.Patrimonio geológico – América Latina 2. Geo-patrimonio – América Latina I. Palacio Prieto José Luis, coord. II. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía III. Ser.

Patrimonio geológico y su conservación en América Latina.
Situación y perspectivas nacionales

Primera edición, 23 de septiembre de 2016.

D.R. © 2016 Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria,
Coyoacán, 04510 México, D. F.
Instituto de Geografía,
www.unam.mx, www.igeograf.unam.mx

Editor académico: José Luis Palacio Prieto.
Editores asociados: María Teresa Sánchez Salazar y Héctor Mendoza Vargas.
Editor técnico: Raúl Marcó del Pont Lalli.

Prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio,
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

La presente publicación presenta los resultados de una investigación científica y contó con dictámenes de expertos externos, de acuerdo con las normas editoriales del Instituto de Geografía.

Geografía para el siglo XXI (obra general)
Serie Libros de investigación

ISBN (obra general): 970-32-2976-X
ISBN: 978-607-02-8374-1
DOI: http://dx.doi.org/10.14350/gsxxi.li.18

Impreso y hecho en México

Índice

Presentación..... 9
José Luis Palacio Prieto, José Luis Sánchez Cortez y Manuel Enrique Schilling

Prefácio..... 15
José Brilha

Argentina..... 21
Fernando Miranda y Hebe Lema

Brasil..... 55
Flavia Fernanda de Lima, Carlos Schobbenhaus y Marcos A. L. Nascimento

Chile..... 81
F. A. Mourgues, K. Contreras, M. E. Schilling, J. Benado y D. Partarrieu

Colombia..... 121
Julián Esteban Jaramillo Zapata, Néstor Castro Quintero, José Humberto Caballero Acosta y Jorge Martín Molina Escobar

Cuba..... 149
Ana A. Serra Díaz y Manuel A. Iturralde-Vinent

Ecuador..... 171
José Luis Sánchez Cortez

México..... 191
José Luis Palacio Prieto, Javier Gaitán Morán y Yazmín Sahagún Becerra

Perú..... 217
Bilberto Zavala Carrión

Uruguay..... 247
César Goso, Helga Chulepin, Elianne Martínez, Alejandra Rojas, Martín Ubilla y Kimal Amir

Presentación

Desde finales del siglo XX, y particularmente durante el presente siglo, diversas iniciativas se han enfocado a la identificación, valoración y conservación del patrimonio geológico y a la creación de geoparques como una herramienta para su protección y, en general, para la divulgación del conocimiento de las ciencias de la Tierra. En este contexto, a través de la Red Global de Geoparques, y en particular a través de las redes de geoparques europea y de Asia-Pacífico, todas auspiciadas por la UNESCO, así como asociaciones profesionales y científicas de carácter nacional y regional, el patrimonio geológico ha sido y es identificado y valorado en el contexto de su aprovechamiento sustentable. Cabe señalar que el 17 de noviembre de 2015, durante la 38 Conferencia General de la organización, los estados miembros de la UNESCO ratificaron la creación de los Geoparques Globales UNESCO, reconociendo la importancia del manejo de los sitios geológicos y paisajes relevantes desde una perspectiva holistica.

En América Latina existe igualmente un interés creciente por los temas relativos al patrimonio geológico y geomorfológico. Prueba de ello es la incorporación de dos geoparques a la Red Global de Geoparques, número que, si bien es bajo, se espera aumente en un futuro próximo. En noviembre de 2015 se presentaron tres nuevas candidaturas, dos en México (proyecto de Geoparques Mixteca Alta, Oaxaca, y Comarca Minera de Hidalgo) y uno en Ecuador (proyecto Tunguranhua). El desarrollo de estas iniciativas, sin embargo, no es igual en los países que integran la región. La legislación ambiental correspondiente no siempre incorpora criterios que permitan apreciar el papel que desempeña la geodiversidad y el patrimonio geológico en la protección del ambiente y en algunos casos los grupos interesados son aun incipientes y poco numerosos, lo cual da como resultado en estudios aislados y de escasa coordinación.

Por otra parte, una prueba del interés en desarrollar estudios en América Latina enfocados a la identificación, valoración y protección del patrimonio geológico y geomorfológico son las reuniones regionales que se han llevado a cabo durante los últimos años, en donde se abordan temas como geopatrimonio, geoturismo, geoconservación y geoparques.

Una de las primeras reuniones tuvo lugar en Ceará, Brasil, en 2006, en ocasión de la incorporación del Geoparque Araripe en la Red Gobal de Geoparques auspiciada por la UNESCO. A pesar de no corresponder a un evento de encuentro entre investigadores, este acontecimiento cumplió un papel importante en la historia del patrimonio geológico latinoamericano y caribeño, al ser considerado el primer geoparque de esta región, promovido por el Gobierno del Estado de Ceará y la Universidad Regional do Cariri. Otros eventos relevantes incluyen el Encuentro Andino para la protección del Patrimonio Geológico, Minero y Paleontológico, celebrado en mayo de 2008 en Loja, Ecuador y el Primer Congreso Latinoamericano sobre Iniciativas en Geoturismo así como el nacimiento de la Red Latinoamericana y del Caribe para la Protección y Defensa del Patrimonio Geológico, Minero-Metalúrgico y Paleontológico, que se llevó a cabo en marzo de 2009 en La Asunción, Nueva Esparta, Venezuela. En 2010 tuvieron lugar el Primer Congreso Nacional de Geoturismo en Mérida, Venezuela, y la Primera Conferencia Latinoamericana y Caribeña de Geoparques, en Juazeiro do Norte, Brasil, en la que se elaboró y firmó la declaración de Araripe, estableciéndose la necesidad de crear un observatorio regional de geoparques. En 2011 se realizaron cuatro eventos destacados: el Primer Simposio de Geoparques y Geoturismo, en Milipeuco, Chile; el Segundo Congreso Nacional de Geoturismo, en Yaracuy, Venezuela; el 2do Congresso Latinoamericano e do Caribe de Geoturismo y el Segundo Congreso Latinoamericano de Geoparques, en Rio de Janeiro, Brasil, ocasión en que se discutío la creación de una Red Latinoamericana de Geoparques; en ese mismo año en Flores, Uruguay, tiene lugar el taller regional "Geoparques: una alternativa para el desarrollo local", evento que contribuyó a la incorporación, en 2013, del Geoparque Grutas del Palacio (Flores, Uruguay) a la Red Global de Geoparques, siendo el segundo geoparque latinoamericano incorporado en dicha red y el tercero de América, gracias a la gestión de la municipalidad de Flores. También en 2013 tuvieron lugar el Segundo Encuentro Latinoamericano de Geoparques y el I Simposio Argentino sobre Patrimonio Geológico en San Martin de Los Andes, Argentina, ocasión en que se consolida el interés por crear una Red Latinoamericana de Geoparques, así como un foro Latinoamericano de Patrimonio Geológico, con el fin de establecer una comunicación entre grupos nacionales interesados. También se discutió acerca de la necesidad de caracterizar el estado de la cuestión en la región a través de una publicación que concentrara la situación a nivel nacional de estas iniciativas y permitiera mantener actividades con miras a crear el Foro Latinoamericano de Geoparques. El interés por conformar la Red Latinoamericana de Geoparques finalmente fue reiterado en la Ciudad de México, en ocasión del taller "Geoparques y geopatri-

monio; promoviendo el geopatrimonio de Latinoamérica" organizado conjuntamente por la Global Earth Observation Section de la UNESCO y el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, celebrado los días 28 y 29 de mayo de 2015, durante la cual se expusieron algunos trabajos que indican avances en el proceso de crear geoparques en México, Nicaragua, Ecuador, Peru, Chile y Argentina. Esta publicación es resultado de dichas discusiones.

La conservación del patrimonio natural

Los esfuerzos encaminados a la conservación de la naturaleza se han enfocado de manera preferencial a la biodiversidad. El patrimonio natural, sin embargo, no se reduce a los elementos representativos de la diversidad biológica en el planeta, incluye también los aspectos geológicos y geomorfológicos, cuyas características son determinantes para explicar la distribución de la vida en la Tierra. De ahí que la puesta en valor de la geodiversidad resulte necesaria para establecer mecanismos efectivos para conservación del ambiente con un enfoque holístico.

Así, la geodiversidad, de manera amplia, es un término análogo al de biodiversidad. Se define como la variedad natural de la superficie de la Tierra, en referencia a los aspectos geológicos y geomorfológicos, los suelos y las aguas superficiales, así como a otros sistemas creados como resultado tanto de procesos naturales (endógenos y exógenos) como de la actividad humana (Kozlowski, 2004). La geodiversidad incluye la apreciación ambiental, ecológica y biológica de la Tierra en el tiempo y en el espacio (ProGeo, 2011). Sin embargo, no todos los rasgos geológicos resultan ser igualmente importantes, por lo que su valoración permite identificar aquéllos que poseen una mayor relevancia y constituyen, por ello, un patrimonio (geopatrimonio) que debe ser conservado y aprovechado de manea sustentable.

El geopatrimonio, entonces, se identifica a partir de lugares, puntos o sitios de interés geológico, conocidos como geositios, que refieren localidades clave cuyas características permiten reconocer y comprender las etapas evolutivas de una localidad, de una región, o de la Tierra misma en su conjunto. Según varios autores, las formas del relieve son también geositios, aunque el término geomorfositio es utilizado también para identificar formas del relieve que han adquirido un valor científico, cultural/histórico, estético y/o social/económico debido a la percepción humana (Panizza 2001; Reynard y Panizza 2007). En todo caso, estos sitios justifican su uso necesario por parte de la sociedad, con fines científicos, educativos y como recurso turístico (Brilha, 2016).

Con base en lo anterior, la conservación de geositios (y geomorfositios) es necesaria. La conservación del geopatrimonio, o geoconservación, incluye la protección y manejo de estos sitios con fines de su aprovechamiento en términos de investigación científica y actividades educativas, que incluyen también actividades encaminadas a la popularización de las ciencias de la Tierra entre el público general. A través de la geoconservación se promueve la protección de geositios y su uso con fines educativos a través del geoturismo.

El geoturismo es una forma de turismo en áreas naturales que se centra específicamente en la geología y el paisaje, con el fin de promover la conservación de la geodiversidad y difundir la comprensión de ciencias de la Tierra a través de la apreciación y el aprendizaje (Newsome y Dowling 2010). Es también una herramienta para explicar la relación entre la geología, la geomorfología y la sociedad y ha sido definido como "un turismo que sustenta y mejora la identidad de un territorio, considerando su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, patrimonio y representa una alternativa en la búsqueda del bienestar de sus residentes" (Declaración de Arouca, 2011).

Así mismo, el geopatrimonio es fundamental para los geoparques, reconocidos actualmente como territorio con límites claramente definidos y un área lo suficientemente grande para que pueda contribuir al desarrollo económico y cultural local (particularmente a través del turismo). Un geoparque muestra a través de una variedad de sitios de importancia internacional, regional y/o nacional, la historia geológica de una región, y los eventos y procesos que la han formado. Los sitios pueden ser importantes desde el punto de vista de la ciencia, la rareza, la educación y/o estética (UNESCO, 2010).

En este libro se incluyen contribuciones que describen la situación de los recursos geopatrimoniales en nueve países de la región, de las que se desprenden las perspectivas de su desarrollo. Los objetivos de esta la obra se enfocan a conocer el estado que guarda el tema de patrimonio geológico en América Latina desde una perspectiva nacional; caracterizar el desarrollo de los estudios sobre patrimonio geológico en América Latina, temas, prioridades y perspectivas, y establecer una comunicación con especialistas interesados en la materia como base para el establecimiento de un Foro Latinoamericano de Geoparques, que sirva de interlocutor con otras iniciativas de alcance regional y mundial.

José Luis Palacio Prieto, José Luis Sánchez Cortez y Manuel Enrique Schilling

Referencias

Brilha J. (2016), "Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review". *Geoheritage*, 8 (2), 119–134.

Declaración de Arouca (2011), Congreso Internacional de Geoturismo – Geotourism in Action, Arouca Geopark (Portugal), del 9 al 13 de noviembre.

Kozłowski, S. (2004), "Geodiversity. The concept and scope of geodiversity", *Przegląd Geologiczny*, vol. 52, pp. 833-837.

Newsome, D. y R.K. Dowling (2010), *Geotourism: the tourism of geology and landscape,* Goodfellow Publishers, Oxford.

Panizza, M. (2001), "Geomorphosites: Concepts, methods and examples of geomorphological survey". *Chinese Science Bulletin,* vol. 46, Suppl.

Reynard, E. y M. Panizza (2007), "Geomorphosites: definition, assessment and mapping". *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, no. 3, pp. 177-180.

ProGEO (2011), Conserving our shared geoheritage – a protocol on geoconservation principles, sustainable site use, management, fieldwork, fossil and mineral collecting. [www.progeo.se/progeo-protocol-definitions-20110915.pdf: febrero de 2016].

UNESCO (2010), *Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network (GGN),* United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Prefácio

José Brilha
Universidade do Minho (Portugal)
ProGEO (Associação Europeia para a Conservação do Património Geológico)

As diversas civilizações que, ao longo de milénios, se foram lentamente dispersando por todo o planeta, sempre reconheceram a importância da geodiversidade para a sua subsistência e prosperidade. Antes da ocupação europeia do século XVI, no território actualmente conhecido por América Latina e Caribe, as civilizações asteca, maia e inca, juntamente com centenas de tribos indígenas que ocupavam então extensas áreas da região centro e leste da América do Sul (Brasil, Argentina, Bolívia, …), são disso um bom exemplo. Para os astecas, maias e incas, a utilização do ouro, da prata e do cobre ficou registada como uma das marcas da sua cultura, sem esquecer o recurso extensivo a rochas para a construção de cidades e templos. Para todos eles, o solo era um elemento da geodiversidade essencial, uma vez que lhes permitia obter alimentos e desenvolver a agricultura e a pastorícia.

Actualmente, num mundo progressivamente dominado por um estilo de vida habitualmente designado por ocidental, estamos cada vez mais dependentes da geodiversidade e dos geocientistas para obter recursos geológicos, minerais e energéticos, que nos permitem manter uma utilização maciça de todo o tipo de tecnologias, deslocarmo-nos cada vez mais rapidamente em meios de transporte sofisticados e construir cidades cada vez maiores. É isto que Murray Gray destacou no seu livro de 2004 como valores económico e funcional da geodiversidade (Gray, 2004), isto é, a geodiversidade numa perspectiva utilitária. Este autor descreve outros tipos de valores que podem ser atribuídos à geodiversidade (como o intrínseco, científico, educativo, estético e cultural) e que justificam vários tipos possíveis de uso pela sociedade, uns sustentáveis outros menos. Importa aqui destacar três tipos de uso sustentável da geodiversidade: o científico, o educativo e o turístico.

A utilização científica da geodiversidade permitiu desenvolver uma ciência que começou, em Inglaterra, no início do século XVIII – a geologia. Desde esse momento, temos vindo a aprender muito sobre as características e evolução geo-

lógicas do nosso planeta, onde estão os recursos geológicos que tanto necessitamos e como os podemos explorar, como é a dinâmica dos processos que ocorrem quer no interior como à superfície da Terra, ou como evoluem as paisagens. Para a obtenção dos dados científicos que permitem o desenvolvimento das geociências, é essencial ter acesso a certos elementos da geodiversidade (minerais, rochas, fósseis, solos, geoformas), a partir dos quais se conseguem obter informações que permitem, pouco a pouco, ir conhecendo melhor o planeta. Em muitos domínios das geociências, os dados são obtidos directamente no campo, em locais específicos com determinadas características. Em outros domínios, são colectadas amostras representativas desses elementos da geodiversidade para posterior análise em laboratório. Em ambos os casos, os locais que são objecto de estudo devem ser conservados para testemunhar a história do planeta e permitir o avanço das geociências no futuro. Como nem todos os elementos da geodiversidade têm características que permitem a pesquisa científica, os locais onde estes ocorrem são especiais e, por isso, devem ser protegidos. Estes locais são conhecidos por *geossítios* e o conjunto dos geossítios que existe num dado território constitui o *património geológico (in situ)* desse território, independentemente do tipo concreto de elemento da geodiversidade em causa, sejam eles minerais, rochas, fósseis, solos ou formas de relevo (Figura 1). Fazem também parte do património geológico, neste caso *ex situ*, as amostras geológicas, disponíveis para pesquisa científica, em inúmeras coleções de museus e outras instituições. Tratam-se, essencialmente, de amostras de minerais, rochas e fósseis que, no seu conjunto e por não se encontrarem no seu local original de ocorrência, podemos designar por elementos de *património geológico*.

O segundo tipo de uso da geodiversidade a destacar é o educativo. Este uso deve ocorrer quando os respectivos elementos da geodiversidade se apresentam de modo pedagogicamente adequado, consoante o nível escolar dos estudantes, para além de deverem possuir outras características essenciais, como uma fácil acessibilidade e condições de segurança para os estudantes e professores. A grande maioria destas ocorrências não possuem valor científico – podem então ser chamados de s*ítios de geodiversidade* – mas isso não implica que não devam ser protegidos e valorizados.

Finalmente, o uso turístico. São também sítios de geodiversidade as ocorrências com características tais que se constituem como atractivos para a promoção de actividades recreativas e turísticas, apesar de não possuírem qualquer valor científico. Para um uso recreativo e turístico, são particularmente relevantes os valores estético e cultural dos elementos da geodiversidade.

Evidentemente que existem locais onde se podem conjugar os três tipos de uso – científico, educativo, turístico – embora, na maior parte dos casos, isso não se verifique. Por exemplo, a maioria dos sítios com valor científico não têm quaisquer características para serem atrativos turísticos e muitos dos locais com valor turístico e cultural também não possuem valor científico.

Um uso sustentável da geodiversidade implica que não se deteriorem os elementos abióticos que tornam um dado local especial. Por exemplo, é necessário garantir que a promoção de acções turísticas num sitio de interesse geológico não coloque em risco elementos frágeis ou facilmente sujeitos a roubo ou vandalização, como é o caso de certos fósseis, minerais ou geoformas. Daí a importância da *geoconservação*, enquanto estratégia sistemática que inclui desde o inventário e avaliação dos elementos geológicos (senso lato), à sua protecção e gestão (quer sejam geossítios ou sítios de geodiversidade, cf. Figura 1).

A identificação e avaliação do património geológico requer um conhecimento científico específico e o recurso a métodos que têm vindo a ser aprimorados desde a última década do século XX. A seleção de geossítios necessita de uma base científica de modo a reduzir, ao máximo, a subjectividade inerente a uma caracterização e avaliação de objectos naturais.

Ter conhecimento do património geológico de cada país é uma responsabilidade do poder público e, obviamente, a base para qualquer *estratégia de geoconser-*

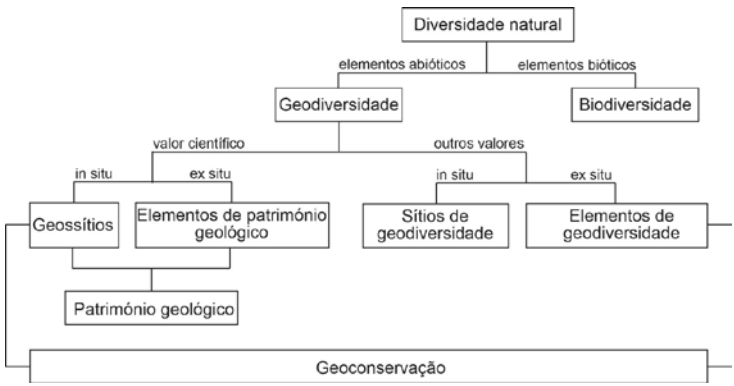


Figura 1. O valor científico da geodiversidade está na base do conceito de património geológico. A geoconservação enquanto estratégia para o inventário e gestão da geodiversidade deve garantir a conservação, não só do património geológico, como também dos sítios e elementos da geodiversidade detentores de outros valores que justificam o seu uso sustentável (Brilha, 2016).

vação que venha a ser implementada. Saber o que existe, qual a sua importância relativa, quais as ameaças naturais ou antrópicas a que está sujeito e definir quais as medidas para a sua mitigação, com vista a assegurar a protecção do património geológico e o seu uso sustentável, é essencial em qualquer política de conservação da natureza e de gestão do território.

À escala mundial, uma primeira compilação de locais de interesse geológico foi iniciada nos anos 90 do século XX, no âmbito de uma iniciativa conhecida por GILGES (*Global Indicative List of Geological Sites*), promovida pelo Working Group on Geological and Palaeobiological Sites, criado por sua vez num esforço conjunto da UNESCO e da IUGS (*International Union of Geological Sciences*) a fim de contribuir para os trabalhos do Comité de Património Mundial da UNESCO (Cowie, 1993; Cowie & Wimbledon, 1994). Esta iniciativa evoluiu para a criação do Global Geosites Working Group da IUGS tendo sido iniciado o desenvolvimento de uma base de dados dos sítios geológicos de relevância global (Wimbledon, 1996). Na Europa, este esforço foi dinamizado pela Associação Europeia para a Conservação do Património Geológico (ProGEO) que, em 2012, publicou um livro com a situação da geoconservação em 37 países europeus (Wimbledon & Smith-Meyer, 2012).

E assim chegamos ao presente livro *Patrimonio geológico y su conservación en América Latina. Situación y perspectivas nacionales*". Trata-se da primeira iniciativa para conhecer o estado da geoconservação nos países que constituem a América Latina e o Caribe, num meritório esforço do seu editor José Luis Palácio da Universidad Autonoma del Mexico e dos autores dos diversos capítulos que descrevem a situação em cada um dos 11 países que participam nesta obra.

A América Latina e o Caribe é, provavelmente, uma das regiões do globo em que a palavra *diversidade* adquire um maior significado. Desde logo a geodiversidade, expressa por rochas das mais antigas do planeta, com 2000-3000 milhões de anos, que afloram, por exemplo, em diversas regiões do Brasil, evidências de tectónica activa ao longo da cordilheira andina que origina imponentes vulcões e sismos frequentes, passando por um registo paleontológico notável e variado, até às paisagens que evoluem, ao longo dos últimos milhões de anos, sob a influência de climas tão contrastantes desde o México, a norte, ao extremo sul da Argentina e do Chile. A biodiversidade, obviamente influenciada pela geodiversidade, é uma das mais elevadas de todo o planeta, particularmente devido aos biomas amazónia e mata atlântica. A esta extraordinária diversidade natural sobrepõe-se a variedade cultural, social e económica, expressa por índices de desenvolvimento muito distintos entre os vários países desta região, sem contar com significativas diferenças que existem entre regiões do mesmo país.

Tudo isto enquadra e justifica o balanço que é feito neste livro onde se evidencia que, compreensivelmente, o estado de desenvolvimento da geoconservação nos diversos países é distinto. São vários os factores que contribuem para estas diferenças: a dimensão geográfica dos países, as condições de acesso a determinadas áreas, um conhecimento geológico desigual entre países e mesmo no interior de cada país, a dimensão e dinamismo da comunidade geocientífica e a existência de diferentes prioridades e estratégias na gestão dos recursos financeiros públicos. Apesar desta heterogeneidade entre os países da América Latina e Caribe, o presente livro mostra que já há muito trabalho feito e que pode servir de base a um uso sustentável do património geológico, contribuindo ainda para o aparecimento de soluções alternativas de desenvolvimento para diversas comunidades.

Como já foi referido, a geodiversidade desta parte do planeta é gigantesca. É assim de supor que o contributo que os respectivos países têm a dar a todo o mundo para o conhecimento e conservação da memória da Terra, através da geoconservação, seja determinante. Aguardemos ansiosamente pelos próximos volumes que se seguirão a este livro!

Referências

Brilha J. (2016), "Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review". *Geoheritage*, 8 (2), 119–134.

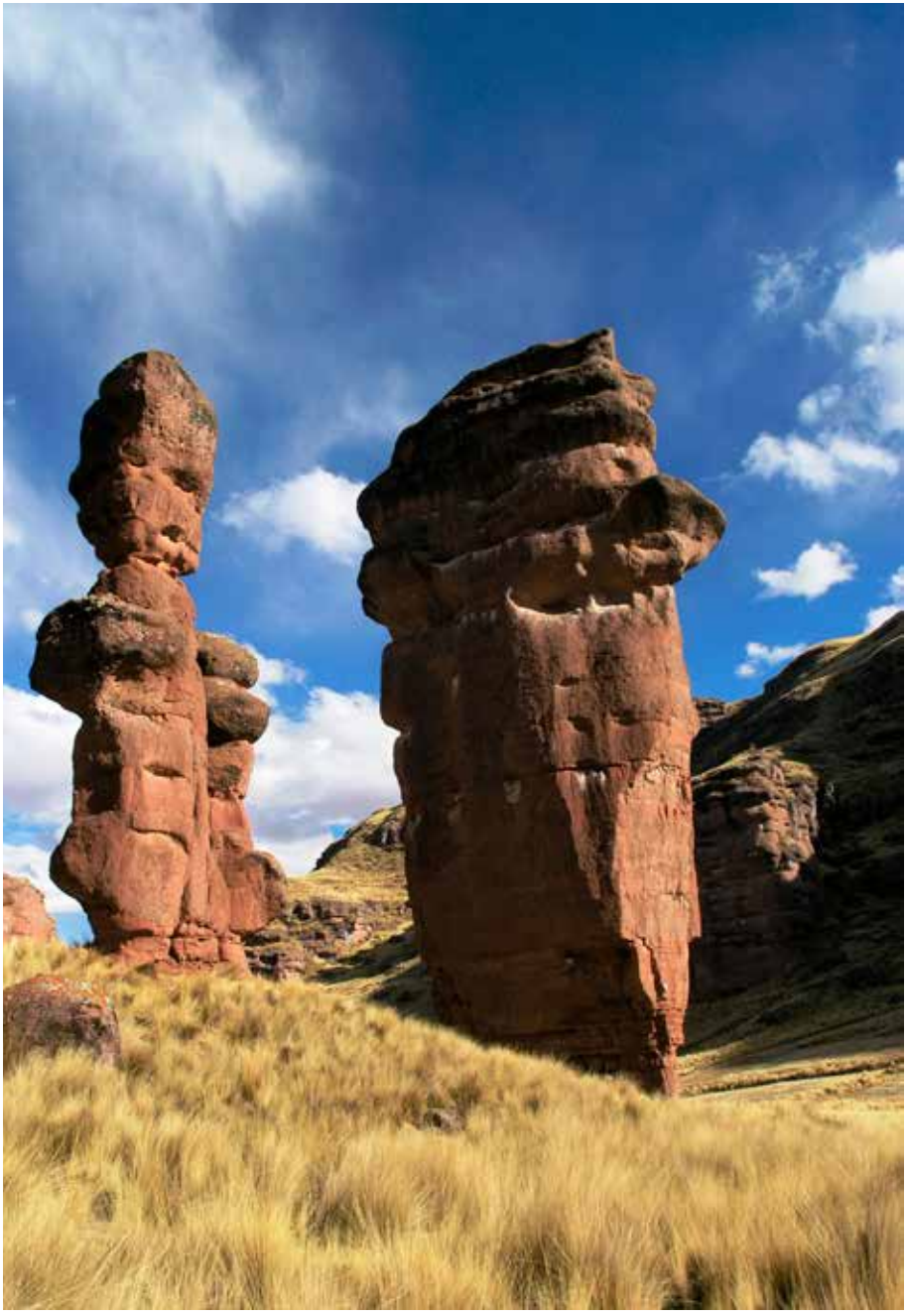
Cowie J.W. (1993), *Report on World Heritage. Working Group on Geological and Palaeobiological Sites*, UNESCO, 34p.

Cowie J.W., Wimbledon W.A.P. (1994), The World Heritage List and its relevance to geology, in *Geological and Landscape Conservation*, O'Halloran D., Green C., Harley M., Stanley M. & Knill J. (eds), London, Geological Society, 71-74.

Gray M. (2004), *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*, John Wiley and Sons, Chichester, England.

Wimbledon W.AP. (1996), National site selection, a stop on the way to a European Geosite list, Proceedings of the Special Symposium "Geological Heritage in South-East Europe", May 1995. Geol Balcanica 26:15–27

Wimbledon W.A., Smith-Meyer S. (eds.) (2012) *Geoheritage in Europe and its Conservation*. ProGEO, Oslo, Norway.



Argentina

Fernando Miranda
Hebe Lema
José Mendía
Servicio Geológico Minero Argentino (Segemar)

Introducción

La República Argentina posee una variedad geográfica y de climas que permite transitar y admirar diferentes escenarios naturales. Muchos de ellos, resultado de procesos geológicos que han actuado a lo largo de millones de años y que han dejado testimonio desde los primeros tiempos del Proterozoico hasta épocas más recientes, albergan o constituyen en sí sitios de interés geológico adecuados para reconocer e interpretar 'momentos' en la historia evolutiva tanto del país como del planeta. Estos sitios son parte del conjunto de recursos y bienes naturales de valor científico, cultural, educativo y recreativo que podemos aunar bajo la idea de patrimonio geológico. Si bien muchos de estos sitios se muestran majestuosos e imponentes, también son frágiles en extremo.

Argentina cuenta con una larga historia vinculada a la protección del patrimonio natural, pero el concepto más específico de patrimonio geológico es, en algunos aspectos, relativamente nuevo. Hoy en día, esta idea ha surgido –o si se quiere resurgido– en el ámbito local a partir de las nuevas tendencias mundiales y en simultáneo con trabajos y proyectos realizados en otros escenarios latinoamericanos. Esto ha fomentado, en los últimos años, el interés y la preocupación por la conservación de esta herencia.

El patrimonio natural en Argentina

El concepto de patrimonio se ha impuesto de modo evidente tanto en la vida cultural como en las políticas públicas mundiales de los últimos decenios. En este sentido, Argentina cuenta con una historia y vocación vinculada a la protección

del patrimonio natural que data de principios del siglo XX. Según surge de la historia institucional de la actual Administración de Parques Nacionales, así lo demuestran los pormenorizados estudios que ya en el año 1902 el gobierno encargara al arquitecto, naturalista y paisajista francés Carlos Thays en la región de las cataratas del Iguazú, provincia de Misiones (área limítrofe con Brasil) con el objeto de promover la creación de un parque nacional. De acuerdo con lo aconsejado por Thays, las tierras aledañas a las cataratas fueron reservadas por Ley Nacional en 1909 y en 1928 compradas por el gobierno argentino (75 000 hectáreas) para la creación del parque y de una colonia militar en el noroeste de la provincia.

No obstante, sería Francisco Pascasio Moreno, científico naturalista argentino, explorador de la Patagonia y perito en la delimitación de la frontera sur con Chile, quien en 1903 sembrara la semilla original de las áreas protegidas nacionales. Con el único fin de que "sea consagrada como parque público natural", Moreno donó a la Nación unas 7 500 hectáreas de su propiedad, ubicadas al oeste del lago Nahuel Huapi en el sector cordillerano de la Patagonia. Cuatro años más tarde, la superficie original se amplió a más de 40 000 hectáreas, hecho que mostró la conveniencia de proteger la zona bajo un régimen legal. Así, en 1922, se creó la figura de Parque Nacional del Sur, con una superficie que finalmente superó las 700 000 hectáreas.

En el contexto de la conservación de la naturaleza en la Argentina, el apellido Bustillo se destaca entre sus protagonistas. Abogado argentino, primero como integrante y luego como Presidente Honorario de la Comisión "Pro Parque del Sur", Exequiel Bustillo trabajó en pos de dar forma a las primeras áreas protegidas. La sanción de la Ley 12.103 en 1934 fue la base legal para la creación de las áreas protegidas nacionales y herramienta mediante la cual se creó la Administración General de Parques Nacionales y Turismo –que a partir de 1958 supo ser conocida y nominada como Dirección de Parques Nacionales. Esta ley permitió la creación de los Parques Nacionales Nahuel Huapi (antiguo Parque Nacional del Sur) e Iguazú, convirtiendo a la Argentina en uno de los primeros países americanos en crear parques nacionales, luego de los Estados Unidos (Parque Yellowstone, 1872), Canadá (Parque Banff, 1885) y México (1917).

A partir de la sanción de la citada ley, el Poder Ejecutivo elevó al Congreso, en septiembre de 1936, un proyecto con la propuesta de siete nuevas áreas protegidas, dando así origen a una nueva y continua labor en la conservación del patrimonio natural.

En la actualidad el Sistema de Parques Nacionales, que apunta a conservar muestras representativas del mosaico ambiental del país, abarca algo más de

4.15 millones de hectáreas distribuidas en 53 áreas con diversas categorías de conservación: Parque Nacional, Parque Interjurisdiccional Marino, Monumento Natural, Reserva Nacional, Reserva Natural Estricta, Reserva Natural Silvestre, Reserva Natural Educativa y Reservas Naturales de la Defensa. En conjunto, las áreas protegidas bajo jurisdicción nacional, sin considerar los 2.8 millones de hectáreas correspondientes al Área Marina Protegida Namuncurá - Banco Burdwood (creada por Ley Nacional 26.875) representan 1.5% de la superficie del territorio continental del país (2 791 810 km2, porción del Continente Americano).

En el año 2003, mediante acuerdo entre la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, la Administración de Parques Nacionales y el Consejo Federal de Medio Ambiente, se creó el Sistema Federal de Áreas Protegidas (SIFAP), que establece como áreas protegidas a zonas de ecosistemas continentales (terrestres o acuáticos) o costeros/marinos, o una combinación de ellos, con límites definidos y bajo algún tipo de protección legal, nacional o provincial, con un objetivo específico de conservación. Estas áreas son inscritas voluntariamente por las autoridades competentes de las diferentes jurisdicciones, sin que ello, de modo alguno, signifique una afectación al poder jurisdiccional. Teniendo en cuenta las áreas provinciales aunadas bajo diversos tipos de dominio y gestión (provincial, municipal, universitaria, privada, comunitarias, mixtas, ONG, etc.) y las áreas bajo jurisdicción nacional, la superficie total de las áreas protegidas asciende a 33.5 millones de hectáreas distribuidas en 438 áreas protegidas (GTAP-SDyDS, 2015). Esto representa un 12 % del total de la superficie continental del país.

Si bien originalmente el objetivo principal de la conservación recaía en la diversidad biológica, hacia fines de los años 70 la Administración de Parques Nacionales (hoy dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación) incorporó aspectos vinculados a la educación ambiental en las visitas a áreas públicas a fin de lograr una mejor apreciación, admiración y compromiso con el patrimonio natural amparado (Castelli y Spallasso, 2007).

En el marco de la conservación, el concepto más específico de patrimonio geológico es relativamente nuevo en Argentina, no obstante existen antecedentes que demuestran una temprana preocupación en este sentido. Entre ellos se pueden citar la Ley 9.080 que, sancionada en 1913, fue la primera en declarar como propiedad de la Nación las ruinas y yacimientos arqueológicos y paleontológicos de interés científico (Endere y Podgorny, 1997). También la inquietud por parte de profesionales destacados como el Dr. Juan José Nágera, uno de los primeros geólogos argentinos, quien en 1932 y en ocasión de la publicación de la Carta Geológica de la región de Tandilia (provincia de Buenos Aires) señaló la nece-

sidad de crear parques naturales para el entendimiento de su historia natural y en bien de la comunidad (Cingolani, 2008) o la declaración como Monumento Histórico Nacional, por decreto 16.482 del año 1943, de las ruinas jesuíticas y antigua mina de oro Incahuasi en la provincia de Catamarca (Comisión Nacional de Museos, Monumentos y Lugares Históricos, 2014; Acha et al., 2013).

Pero es solo a partir de la década de 1990 que instituciones y profesionales de diversos ámbitos compartieron una preocupación por la conservación del patrimonio geológico en forma más activa. En este sentido, el Monumento Natural Puente del Inca (Área Protegida Provincial), uno de los "caprichos" naturales más famosos de la Argentina, es un antecedente destacable (Figura 1). Enmarcado en el ámbito de la Cordillera Principal de la provincia de Mendoza, el Puente del Inca es una compleja estructura en forma de puente en arco, cuyo origen y perdurabilidad se debe, entre otras condiciones, a la presencia de aguas termales en el área (Ramos, 1993; Rubio *et al.,* 1993; Aguirre Urreta y Ramos, 1996; Ramos *et al*., 2008, Fauqué *et al.,* 2009). La construcción de un lujoso hotel en el año 1917 (destruido en 1965 por un alud), el desvío y captación de las aguas termales hacia la estación de baños y su empleo para la confección de artesanías, produjeron una merma en la irrigación natural sobre el puente, provocando su desecamiento y agrietamiento. El tránsito de animales y vehículos a través de los años también aceleró su erosión, favoreciendo el paulatino deterioro de su estructura y poniendo al puente en una situación de inestabilidad. Por decreto 2291 del año 1991 el gobierno provincial declaró al monumento natural zona intangible, señalando

> …la necesidad de solucionar en forma inmediata el problema suscitado por el deterioro que presenta la estructura geológica del puente natural existente en la localidad cordillerana de Puente del Inca, monumento provincial, nacional y universal, objeto de admiración generalizada y fuente de recursos turísticos del patrimonio de la Provincia de Mendoza.

Este paisaje y su problemática fueron merecedores de las Primeras Jornadas Nacionales de Evaluación Geológica de Puente del Inca (1992) y de un simposio especial dentro del XII Congreso Geológico Argentino llevado a cabo en la provincia de Mendoza en el año 1993. Estas reuniones permitieron evaluar los trabajos iniciados y efectuados en 1991 y considerar otras acciones para la restauración, conservación y protección del Puente (Rimoldi, 1993). De algún modo, estos acontecimientos abrieron una puerta a la concientización sobre la fragilidad y cuidado del patrimonio geológico.

Figura 1. El Puente del Inca (altura de 2 719 metros snm). Las aguas termales y el puente eran conocidos desde tiempos precolombinos. Viajeros, naturalistas e investigadores, entre ellos Charles Darwin, dedicaron páginas a esta singular geoforma. Cubierto por sustancias minerales y costras algáceas, las hipótesis sobre el origen del puente son variadas, pero todas señalan a las sales hidrotermales como partícipes necesarios en su formación y perdurabilidad (Fotografía: Luis Fauqué).

Asimismo, el creciente interés en el patrimonio geológico y sus diversas ramas se vio reflejado más recientemente en la incorporación de capítulos especiales o simposios en reuniones de carácter nacional y otras tantas de índole provincial. Entre las primeras sin duda se destaca el Congreso Geológico Argentino que, desde su XV edición en 2002, ha incorporado sin interrupción trabajos vinculados a la valoración, propuesta, inventario, caracterización, evaluación, divulgación, aprovechamiento, gestión y protección de sitios de interés geológico, a la geodiversidad y geoturismo, geoparques, parques geológicos (Miranda y Lema, 2013) y a la conservación de bienes patrimoniales histórico-documentales (Lema *et al*., 2014) entre otros varios temas (Cuadro 1).

En noviembre de 2013 tuvo lugar el I Simposio Argentino de Patrimonio Geológico, Geoturismo y Geoparques y III Encuentro Latinoamericano de Geoparques, realizado en San Martín de los Andes, provincia de Neuquén. Si bien no fue la primera reunión en su tipo en el país (Encuentro de Geoturismo, Chubut, 1999; I Simposio de Patrimonio Geológico y Aspectos Geológicos y Ambientales

Cuadro 1. Simposios y capítulos especiales dentro de los congresos geológicos argentinos en los que se trataron temas vinculados al patrimonio geológico. Durante 2013 y 2014, la temática ha sido incluida con mayor frecuencia, bajo diferentes denominaciones, en jornadas, talleres y simposios de variados tópicos.

XII Congreso Geológico Argentino, Mendoza, 1993	Simposio sobre Puente del Inca
XV Congreso Geológico Argentino, Calafate, Santa Cruz, 2002	I Simposio de Patrimonio Geológico y Aspectos Geológicos y Ambientales de la Espeleología
XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, Buenos Aires, 2005	Capítulo de Sitios de Interés Geológico
XVII Congreso Geológico Argentino, Jujuy, 2008	Simposio de Enseñanza de la Geología
XVIII Congreso Geológico Argentino, Neuquén, 2011	Simposio de Patrimonio Natural y Cultural en su Contexto Geológico
XVIII Congreso Geológico Argentino, Córdoba, 2014	Simposio de Enseñanza de la Geología Simposio de Geoparques

de la Espeleología, Calafate 2002, entre otros) constituyó un evento masivo, multidisciplinario e internacional, que contó con la participación de más de 170 profesionales de Argentina, Chile, Brasil, Costa Rica, Ecuador, México, Uruguay, España, Francia, Portugal y República Checa; y en cuya organización confluyeron numerosas e importantes instituciones tales como UNESCO, IUGS, Asociación Geológica Argentina, Servicio Geológico Minero Argentino (Segemar), Ministerio de Turismo de la Nación, Universidad Nacional del Comahue, Consejo Superior de Ciencias Naturales de la Provincia de Buenos Aires, así como empresas del sector privado.

Marco legal de las áreas protegidas ¿Y el patrimonio geológico?

Como sucede en otras partes del mundo, en cuestiones de conservación de la naturaleza o del patrimonio natural, salvo contadas excepciones, los factores

abióticos (relacionados con los paisajes y sus formas, los procesos y las rocas) han tenido, en el mejor de los casos, un papel subordinado al de los factores bióticos. Quizá esto pueda deberse, como bien señala Carcavilla (2012) en su libro Geoconservación, a que: "La divulgación de la geología ofrece una experiencia menos emocional que la de ver una especie singular o amenazada, ...".

En 1980 se sancionó la Ley N° 22.351 de Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales, que contempla esas figuras de conservación exclusivamente en jurisdicción nacional (en 1990, el Decreto Nacional N° 2148/90, agregó además la categoría de Reserva Natural Estricta y en 1994 el Decreto 453/94 la de Reservas Naturales Silvestres y Educativas). En dicha ley no se resguardan a los elementos geológicos en forma directa, y en cambio utiliza denominaciones generales tales como "belleza escénica", "áreas", "cosas", "interés científico", "interés estético" o "valor histórico o científico". La lista de Monumentos Naturales Nacionales incluye, hasta el momento, un único sitio así considerado por su importancia geológica: Los Bosques Petrificados Patagónicos; unas 15 000 hectáreas en el noreste de la provincia de Santa Cruz que adquirieron estatus de Monumento Natural en 1954 tras el Decreto Nacional Nº 7252/54, con el objeto de preservar la integridad de los paleobosques patagónicos petrificados. Años más tarde se añadieron a esta superficie unas 63 543 hectáreas que fueron adquiridas por la Administración de Parques Nacionales y que actualmente integran el Parque Nacional Bosques Petrificados ubicado en Jaramillo, provincia de Santa Cruz (sumando así un total de 78 543 hectáreas).

Con posterioridad a la sanción de la Ley de Parques, muchas provincias adoptaron –con variantes– el sistema de categorías de la *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza* (UICN), adecuado a la legislación de cada provincia (Castelli y Spallasso, 2007). En la actualidad, más de la mitad de las provincias argentinas disponen de una ley específica sobre áreas protegidas o cuentan con normas referidas al tema, aunque integradas a otras leyes tales como las de medio ambiente, recursos naturales renovables y/o patrimonio turístico. Otras normativas provinciales establecen clasificaciones basadas en diferentes criterios de conservación, en dominio de la tierra, entidad administradora, objeto concreto de protección y tipo de uso, por ejemplo.

Medina (2012) realiza una comparación entre varias leyes de áreas protegidas provinciales y la inclusión en sus textos del término "geología". Entre las provincias que consideran a las "formaciones geológicas y geomorfológicas" como objetos a preservar, se encuentran las leyes provinciales de Buenos Aires, Córdoba, Chaco, Chubut, La Pampa, Mendoza, Neuquén, Rio Negro, Salta, San Juan y San Luis. Otras provincias utilizan términos como formaciones fisiográficas

(sin definición ni explicación apropiada); entre ellas las provincias de Catamarca, Entre Ríos, Jujuy, La Rioja y Tierra del Fuego, en la que también se utilizó el concepto de paisaje de gran valor escénico, siendo esta una denominación subjetiva. En las leyes de las provincias de Formosa, Misiones y Tucumán no hay mención al término "geología" o los aspectos escénicos del paisaje.

Si bien al día de hoy Argentina no cuenta con leyes en el ámbito nacional que se refieran a la conservación del patrimonio geológico *sensu stricto*, existen bases que podrían ser semilla para una legislación específica, como bien señalan diferentes autores (Martínez, 2008; Ibáñez Palacios *et al*., 2012). Una de ellas es la Ley Nacional 25.675/02, Ley General del Ambiente, sancionada el 6 de noviembre de 2002 y promulgada parcialmente el 27 de noviembre de ese año. Esta ley persigue, entre otros objetivos: "Asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como culturales, en la realización de las diferentes actividades antrópicas" (art. 2° inciso a). Otra disposición legal, en la cual se salvaguardan bienes paleontológicos, es la Ley Nacional 25743 de "Protección del patrimonio arqueológico y paleontológico". Esta ley, promulgada en junio de 2003, establece en su articulo 1° que su objeto es la preservación, protección y tutela del patrimonio arqueológico y paleontológico como parte integrante del patrimonio cultural de la Nación y para su aprovechamiento científico y cultural. En su artículo 2° aclara que

> ... forman parte del Patrimonio Paleontológico los organismos o parte de organismos o indicios de la actividad vital de organismos que vivieron en el pasado geológico y toda concentración natural de fósiles en un cuerpo de roca o sedimentos expuestos en la superficie o situados en el subsuelo o bajo las aguas jurisdiccionales.

En tal sentido, entre las facultades señaladas en su artículo 4° se encuentra que será exclusividad del Estado Nacional: ejercer la tutela del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico, para lo cual deberá adoptar las medidas tendientes a su preservación e investigación y a fomentar la divulgación.

Cabe recordar que la Constitución Nacional, reformada en el año 1994, en su artículo 41 (en relación con la protección del ambiente) incorpora el concepto de patrimonio natural, entendido como tal el conjunto de paisajes, restos fósiles, aerolitos, meteoritos y demás cuerpos celestes que constituyen no solo bienes naturales sino un patrimonio de valor científico para el país (Esaín *et al*., 2008). El artículo señala que

> Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales...

A su vez, mediante la Ley 21.836/78 la Argentina aprobó el texto de la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, cuyo texto, que forma parte de la ley, fue adoptado por la Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en 1972. En su artículo 2º, la Convención considera como patrimonio natural a los monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas o por grupos de esas formaciones que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico; a las formaciones geológicas y fisiográficas y las zonas estrictamente delimitadas que constituyan el hábitat de especies animales y vegetales amenazadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico; y los lugares naturales o las zonas naturales estrictamente delimitadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia, de la conservación o de la belleza natural.

Actualmente Argentina cuenta con un total de nueve sitios inscritos en la lista de Patrimonio de la Humanidad, de los cuales cinco corresponden a bienes culturales y cuatro a naturales. Entre los culturales se encuentran: Las Misiones Jesuíticas Guaraníes de San Ignacio Miní, Santa Ana, Nuestra Señora de Loreto y Santa María la Mayor compartido con las ruinas de Sao Miguel das Missoes en Brasil; La Quebrada de Humahuaca (Figura 2); la Manzana y Estancias Jesuíticas de Córdoba; La Cueva de las Manos del río Pinturas y el recientemente incorporado Qhapac Ñan (tramo en territorio argentino). De los cuatro bienes naturales (Cuadro 2, Figuras 3 a 7), dos han sido considerados como ejemplos representativos de importantes etapas de la historia de la Tierra (criterio *viii*): el Parque Nacional Los Glaciares (provincia de Santa Cruz) y los Parques Naturales de Talampaya e Ischigualasto (provincias de la Rioja y San Juan, respectivamente).

Figura 2. La Quebrada de Humahuaca, que une a la Puna con los valles de la provincia de Jujuy, fue declarada por la UNESCO Patrimonio Cultural de la Humanidad en el año 2003 bajo los criterios (*ii*), (*iv*) y (*v*). La Quebrada fue escenario de numerosos sucesos históricos y atesora una gran riqueza cultural que abarca expresiones pictóricas, musicales, arquitectónicas y religiosas, entre otras. Su geología brinda lo posibilidad de apreciar un gran número de coloridos paisajes, entre los que se destaca el famoso cerro de Siete Colores (Fotografía: Fernando Miranda).

Además de los sitios actuales, UNESCO posee una lista tentativa en la que, hasta el día de hoy, Argentina propone siete nuevos sitios. Tres de ellos corresponderían a bienes culturales (Casa Curuchet, los Valles Calchaquíes y Moisés Ville), tres a bienes naturales (La Payunia y Campos volcánicos de LLancanelo y Payún Matrú; el Parque Nacional Los Alerces y el Parque Nacional Sierra de Las Quijadas) y uno tendría carácter mixto (La Reserva Provincial Geológica, Paleontológica y Arqueológica de Pehuen-Co - Monte Hermoso). De estos sitios tentativos, tres están sujetos a ser evaluados bajo el criterio (*viii*), o sea, constituir uno de los ejemplos representativos de importantes etapas de la historia de la Tierra, incluyendo testimonios de la vida, procesos geológicos creadores de formas geológicas o características geomórficas o fisiográficas significativas (Cuadro 3) (Figuras 8 y 9).

El Comité Argentino del Patrimonio Mundial (CAPM), cuerpo colegiado integrado por representantes de organismos nacionales con competencia en patrimonio mundial, natural y cultural, es quien informa y asesora sobre el proce-

Cuadro 2. Bienes naturales Patrimonio de la Humanidad en territorio argentino. Criterios (según Directrices Operativas post 2005): *vii*) Contener fenómenos naturales superlativos o áreas de excepcional belleza natural e importancia estética. *viii*) Ser uno de los ejemplos representativos de importantes etapas de la historia de la Tierra, incluyendo testimonios de la vida, procesos geológicos creadores de formas geológicas o características geomórficas o fisiográficas significativas. *ix*) ser ejemplos excepcionales representativos de procesos ecológicos y biológicos en la evolución y desarrollo de ecosistemas terrestres, de agua dulce costeros y marinos y de comunidades de plantas y animales. *x*) Contener los hábitats naturales más representativos y más importantes para la conservación de la biodiversidad, incluyendo aquellos que contienen especies amenazadas de destacado valor universal desde el punto de vista de la ciencia y el conservacionismo.

Sitio	Tipo de bien	Declarado en el año	N° de referencia	Criterio (2005)
Parque Nacional Los Glaciares	Natural	1981	145	(*vii*) (*viii*)
Parque Nacional Iguazú	Natural	1984	303	(*vii*) (*x*)
Península Valdés	Natural	1999	937	(*x*)
Parques Naturales de Talampaya / Ischigualasto	Natural	2000	966	(*viii*)

dimiento que establecen las Directrices Prácticas para la postulación de los sitios a la Lista del Patrimonio Mundial, tal como este es entendido en la Convención. A su vez, coordina y articula el trabajo de actores vinculados al patrimonio mundial del país y constituye el enlace entre las autoridades nacionales, provinciales y municipales y la UNESCO, su Centro de Patrimonio Mundial y sus órganos consultivos, tales como el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) y la UICN. En su rol articulador, la Comisión Nacional para la UNESCO (CONAPLU) –que ejerce la presidencia del CAPM– asegura la coordinación de sus acciones con todos los actores necesarios.

Algunas acciones relativas al patrimonio geológico

Al día de hoy las actividades e iniciativas vinculadas al patrimonio geológico –o a alguna de sus modalidades– están en pleno crecimiento. Muchas de estas acciones se canalizan a través de institutos de investigación, universidades,

Figura 3. El Parque Nacional Los Glaciares (superficie de 726 927 hectáreas) se encuentra en el sudoeste de la provincia de Santa Cruz. Creado para preservar una extensa área de hielos continentales y glaciares y del bosque andino-patagónico austral así como muestras de la estepa patagónica. En él se halla un gran número de glaciares, entre los que sobresalen el Perito Moreno, el Upsala y el Viedma. El campo de hielo configura el último relicto que perdura desde la mayor extensión glaciaria ocurrida en la región a partir del Mioceno tardío y durante el Pleistoceno, hasta hace aproximadamente unos 20 000 años atrás (Fotografía: Eduardo Malagnino).

Cuadro 3. Sitios propuestos en la lista tentativa de Patrimonio Mundial de Bienes Naturales (a febrero de 2016).

Sitio	Tipo de bien	Año	N° de referencia	Criterios a consideración
Parque Nacional Sierra de las Quijadas	Natural	2005	2021	(*vii*) (*viii*) (*ix*)
La Payunia, Campos volcánicos de Llancanelo y Payún Matrú	Natural	2011	5615	(*vii*) (*viii*)
Parque Nacional Los Alerces	Natural	2012	5780	(*vii*) (*x*)
Reserva Provincial Paleontológica, Geológica y Arqueológica e Pehuen-Co-Monte Hermoso	Mixto	2014	5851	(*iii*) (*v*) (*vi*) (*viii*) (*ix*)

Figura 4. Parque Nacional Iguazú (67 720 hectáreas), próximo a Puerto Iguazú, Provincia de Misiones. Pertenece a la ecorregión Selva Paranaense. Declaradas por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad, las cataratas constituyen un conjunto de 275 saltos de agua con una altura promedio de 75 metros y distribuidos a lo largo de un frente de casi 2 700 metros (Fotografía: Juan Manuel Culotta).

municipios, agencias gubernamentales, entidades turísticas, ONG, privados, etc. Una de estas Instituciones –a la cual pertenecen los autores de este trabajo– es el Servicio Geológico Minero Argentino (Segemar), organismo a quien incumbe, entre otras funciones, el relevamiento geológico y temático del Territorio Nacional, aportando la investigación de base necesaria para el desarrollo productivo y debiendo atender asimismo a la difusión de sus resultados y a la protección del patrimonio natural.

A partir de la promulgación en 1993 de la Ley Nacional 24.224, de Reordenamiento Minero, que establece en su Capítulo I, "De las Cartas Geológicas", la necesidad de realizar la investigación geológica regional sistemática del país, a través de un Programa Nacional de Cartas Geológicas, se incorporó en cada Hoja Geológica un capítulo dedicado a la descripción de los Sitios de Interés Geológico (SIG), definidos como recursos no renovables de índole cultural, cuya exposición y contenido resultan óptimos para reconocer e interpretar el diseño de los procesos geológicos que han modelado nuestro planeta. Además, en la

Figura 5. Península Valdés. Un siglo atrás, la Ballena Franca Austral fue llevada al borde de la extinción; declarada Monumento Natural Nacional en 1984, esta especie se encuentra protegida en aguas territoriales del país. La península, por su parte, es una región donde los procesos geológicos ocurren con suma rapidez, permitiendo observar sucesivos cambios del paisaje costanero.

Figura 6. El Parque Nacional Talampaya, en el sudoeste de la provincia de La Rioja, es una extraordinaria reserva paleontológica y uno de los pocos yacimientos en el mundo que contiene un interesante y completo registro de vertebrados fósiles que permite explicar su evolución y el desarrollo de la vida en la región durante todo el período Triásico. Tal contenido, junto a un interesante conjunto de geoformas de inconmensurable belleza lo posicionó como Patrimonio Natural de la Humanidad de UNESCO (Caselli, 2008) (Fotografía: Fernando Miranda).

Figura 7. El Parque Provincial Natural Ischigualasto, en el noreste de la provincia de San Juan, comparte con el Parque Nacional Talampaya el ser una de las reservas geológicopaleontológicas más importantes de la Argentina. La base de la Formación Ischigualasto, del Triásico Superior, ha brindado una de las colecciones de paleovertebrados más importantes del mundo para este período y en ella ha quedado registrado el reemplazo de los terápsidos por los arcosaurios (Alcober et al., 2008). Entre los fósiles más importantes hallados en esta formación se destacan los dinosaurios más antiguos y primitivos que se conocen (Fotografía: Adrián Saénz).

Figura 8. Parque Nacional Sierra de Las Quijadas. Enmarca una notable geoforma natural que se destaca por su paisaje de acantilados, cornisas y graderías. Espesas secuencias estratigráficas y valiosos yacimientos paleontológicos brindan información sobre los ecosistemas terrestres que existieron en la parte central de la República Argentina durante la parte superior del período Cretácico Inferior. Estos atributos, sumados a la presencia de yacimientos arqueológicos y de un ecotono de transición biogeográfico típico de clima árido, con variadas especies animales y vegetales –algunas en peligro de extinción– permitieron crear aquí la principal área de reserva con la que cuenta la provincia de San Luis (Fotografía: Fernando Miranda).

Figura 9. La Payunia, Campos volcánicos de Llancanelo y Payún Matrú. En la Reserva Natural La Payunia se halla el volcán Payún Matrú; con sus 1 500 metros sobre la llanura que lo rodea, su altura sobre el nivel del mar de 3 700 metros y el diámetro de su base de 28 kilómetros es el de mayor tamaño del sudeste de la provincia de Mendoza. Sus últimas erupciones ocurrieron hace menos de diez mil años, por lo cual las lavas y los campos de bombas volcánicas se encuentran intactos. La intensidad de la actividad efusiva en la región, la variedad de las formas volcánicas y su total conservación invitan a la creación de un parque volcánico para la enseñanza de los procesos geológicos involucrados (Fotografía: Eduardo Llambías).

normativa establecida para la ejecución de las hojas, se señala que el conjunto de estos SIG conforma el patrimonio geológico de cada región y del país, destacando incluso que la importancia de algunas singularidades geológicas puede ser de valor supranacional (Segemar-IGRM, 1994). Agrega también que su desaparición o tratamiento inadecuado constituye un gran daño al patrimonio de la humanidad, daño que la mayoría de las veces es irreversible. Cumpliendo con la normativa la Institución ha inventariado, hasta el momento, más de trescientos cincuenta sitios de interés.

Una de las áreas sustantivas del Segemar es el Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM), entre cuyas responsabilidades primarias y acciones se encuentra la de intervenir en la preservación del paisaje, promocionar monumentos geológicos naturales y proteger yacimientos paleontológicos (Decreto 1663/1996, punto 8, de la Estructura Organizativa del SEGEMAR). En este escenario, y consciente de la importancia que tiene la identificación de los SIG, la Institución inició a fines del año 2004 –al conmemorar los 100 años de su creación– el proyecto Sitios de Interés Geológico de la República Argentina, a fin de dar a conocer a la comunidad en general los sitios de interés geológico, difundir el conocimiento geológico y brindar información que sirva de base para la realización de activi-

dades vinculadas con el medio natural (Lema y grupo CSIGA, 2007). El proyecto se orientó fundamentalmente a satisfacer una demanda creciente del público en general, proporcionando datos, características y explicaciones que en forma comprensible permitan acceder al conocimiento geológico de áreas emblemáticas del país. La primera etapa consistió en la publicación del libro *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. Los geólogos nos cuentan* (CSIGA 2008), resultado del esfuerzo conjunto del SEGEMAR y más de 120 autores representantes de 40 instituciones públicas y privadas y organizaciones no gubernamentales (Figura 10). La obra se ocupó de 72 sitios de interés que abordan diferentes temáticas geológicas. Su propósito, más allá de los específicos del proyecto, fue el de contribuir a la transmisión del pensamiento científico y estimular actividades educativas, a fin de promover la protección del patrimonio (Miranda y grupo CSIGA, 2009; 2010; Etcheverría *et al*., 2010; Miranda, 2011). El proyecto y la obra fueron galardonados, respectivamente, con los premios Convenio Andrés Bello "Somos Patrimonio" (VII edición) en el año 2008 y el Premio Especial Bicentenario en 2010, este último otorgado por la Sociedad de Estudios Geográficos de la República Argentina reconociendo su carácter divulgativo.

Figura 10. *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina*, tomo I (Norte) y tomo II (Sur).

El éxito y aceptación obtenidos alentó a experimentar con nuevas líneas de trabajo, entre ellas la puesta en valor de sitios a partir de la instalación de paneles temáticos *in situ* (Miranda y grupo CSIGA, 2009, Miranda *et al*., 2011) y la elaboración de videos de libre distribución vinculados a los capítulos del libro (www.empremin.com.ar). Los paneles, en sitios que aúnan interés científico, recreativo y cultural, se han convertido en material de consulta para pobladores locales, turistas y escuelas y en eficaces herramientas para acercar al público en general a las ciencias de la Tierra (Figura 11 y 12). Además, han añadido información tanto a recorridos turísticos tradicionales como no tradicionales, convirtiéndose en un complemento útil para los guías de turismo (Miranda y Gozálvez, 2013; Miranda, 2014). Sin duda, todas estas acciones colaboran con la toma de conciencia, el cuidado y protección del patrimonio geológico. No obstante, aún resulta difícil evitar cuestiones vinculadas con vandalismo (por lo general cometido por ignorancia) o incluso acciones delictivas. En este sentido, el Segemar –al igual que otros organismos que tienen incumbencia en cuestiones atinentes al patrimonio paleontológico– ha debido intervenir como perito en investigaciones vinculadas al patrimonio natural, tal cual es entendido por la Constitución Nacional. Recientemente se han identificado y recuperado 328 fragmentos de meteorito cuya venta es considerada ilegal en la República Argentina (valor estimado de entre 1.4

Figura 11. Los paneles abordan los contenidos geológicos que el visitante puede contemplar en forma directa. Constan de un texto principal, uno secundario, vistas panorámicas explicativas y fotografías de diferentes sectores del área, imagen satelital y texto resumido en inglés.

Figura 12. Paneles instalados en diferentes áreas del país por el SEGEMAR. En la actualidad se están llevando a cabo tareas de este tipo en el ámbito de algunos parques nacionales, como por ejemplo el Parque Nacional Monte León en la Provincia de Santa Cruz (Panza *et al*., 2014) y el Quebrada del Condorito en la Provincia de Córdoba. Trabajos de esta índole no son exclusividad del SEGEMAR y la instalación de cartelería temática es llevada a cabo también por otros grupos u organismos interesados en la difusión.

y 3 millones de dólares). El material recuperado pertenece a Campo del Cielo, un sitio de interés geológico en el que yacen restos de una gran lluvia de meteoritos y que se extiende en un amplio sector de las provincias de Santiago del Estero, Chaco y posiblemente Formosa (Segemar, 2012).

La necesidad de los inventarios

Los sitios de interés geológico son construcciones naturales que, desde el momento en que se los conceptualiza y se brinda conocimiento sobre ellos se transforman en una parte fundamental del patrimonio natural y cultural. No cabe duda que su identificación, descripción, divulgación y protección es de vital importancia pues como se mencionara anteriormente su degradación es casi siempre irreversible. Los sitios de interés geológico, como un elemento más del patrimonio,

deben ser incluidos en una correcta gestión del territorio, pero para poder llevar adelante dicha labor resulta imprescindible saber qué es lo que se tiene…

Una de las tareas más importantes en este sentido es la realización de inventarios. La República Argentina aún no cuenta con un inventario nacional oficial específico de sitios de interés geológico. Actualmente, la base de datos del Servicio Geológico está siendo reordenada, reclasificada y acondicionada según nuevos conceptos, criterios e ideas de patrimonio. A su vez se ha recopilado una gran cantidad de información proveniente de trabajos sobre el tema o que la abordan de modo parcial, datos todos que formarán parte de un inventario preliminar. Asimismo, existen listas más o menos completas a escala provincial, a nivel municipal y en áreas protegidas.

Una de las primeras incursiones en este sentido fue la aparición del capítulo Sitios de Interés Geológico durante el XV Congreso Geológico Argentino, en el año 2002, en la provincia de Santa Cruz. El Relatorio, compendio de la geología de la provincia anfitriona del evento, incluyó un extenso trabajo con referencia a 127 sitios de interés distribuidos en todo el territorio provincial. Los sitios seleccionados surgieron de los incluidos en las hojas geológicas a escala 1:250 000 del SEGEMAR y de la contribución y orientación de profesionales con experiencia en la región. El trabajo se desarrolló bajo el criterio de itinerarios que recorrían grupos de sitios (Ardolino *et al*., 2002).

Durante ese mismo evento, Leynaud (2002) presentó 28 sitios con entidad para ser catalogados como Puntos de Interés Geológico en 13 Departamentos de la provincia de Córdoba. Posteriormente, en 2005, se presenta el inventario de 44 sitios de interés en la provincia de Entre Ríos (Bertolini et al., 2005) y otros 30 en la provincia de San Juan. Estos últimos fueron seleccionados en el marco del Proyecto "Identificación y Valoración del Patrimonio Geológico de la Provincia de San Juan, su Proyección Científica, Cultural, Educativa y Turística" 2003-2005 (Baraldo *et al*., 2005).

En 2008 el libro *Sitios de interés geológico de la República Argentina, los geólogos nos cuentan*…, editado por el SEGEMAR, incluyó 72 sitios de todo el país, convirtiéndose en un nuevo punto de partida que dio fuerte y renovado impulso a la temática.

Para el año 2011, en ocasión del XVIII Congreso Geológico Argentino, realizado en la provincia de Neuquén, el Relatorio incluyó un capítulo exclusivo dedicado a la descripción de un total de 32 sitios o áreas provinciales destacadas desde el punto de vista geológico-patrimonial (Danieli *et al*., 2011) y en 2014, la

edición XIX del Congreso, realizado en la provincia de Córdoba, incorporó también 32 sitios de interés provincial (Candiani, 2014).

Por otra parte, el desarrollo de circuitos geológicos y del geoturismo también han sido útiles para el inicio de inventarios parciales y han colaborado con la conservación y divulgación de las áreas de interés geológico. Como ejemplo sirva mencionar el primer circuito de geoturismo con carácter oficial en el país, en la provincia de Córdoba (Sfragulla *et al.*, 2013).

Parques y reservas geológicas

Una de las herramientas estratégicas para conservación y valoración del patrimonio geológico en Argentina son los parques y reservas geológicas. El país cuenta con varios de ellos, que tienen principalmente interés paleontológico, pero también geológicos y mineros. Aunque no son geoparques miembros de la Red Global de Geoparques (GGN) amparados bajo la tutela de la UNESCO, comparten algunos de sus objetivos: conservación, educación y desarrollo sustentable.

El denominado, desde sus orígenes en 1993 como Geoparque Bryn Gwyn (que en galés significa "Loma Blanca"), es uno de ellos y se localiza en el noreste de la provincia del Chubut. Es una reserva natural de más de 250 hectáreas y primera en su tipo en Sudamérica. El parque es gestionado por el Museo Paleontológico Egidio Feruglio (MEF) y ofrece "un recorrido" por la historia geológica de los últimos 40 millones de años en esa parte de la Patagonia extra andina. Fósiles parcialmente expuestos (Figura 13) atestiguan los cambios geológicos y climáticos que afectaron la región desde mediados del Paleógeno hasta la actualidad. El parque ofrece excursiones diurnas y nocturnas, con guías profesionales y programas vinculados a paleontología, botánica y astronomía (Cúneo, 2008).

Otro de los parques es el antiguamente conocido como Parque Geológico Sanagasta, inaugurado en julio de 2014 como “Parque de Dinosaurios” (Figura 14). Ubicado en la provincia de La Rioja, fue creado originalmente por decreto Nº 115 del 7 de marzo del 2001 y ratificado por Ley Provincial Nº 7093. Se encuentra dentro de un área protegida de poco más de 800 hectáreas, próxima a la Villa Sanagasta, distante unos 30 kilómetros de la capital provincial. El hallazgo de un gran número de nidos y abundantes cáscaras de huevos de dinosaurios significó un cambio en el esquema geocronológico de la región, trasladando al Cretácico Superior estratos considerados hasta entonces terciarios (Hünicken, 2005; Tauber, 2007). Debido a las excelentes exposiciones de rocas graníticas del basamento y de la secuencia sedimentaria, con buenos contactos y contrastes de

Figura 13. Protecciones vidriadas en los sitios con restos fósiles (fotografía: Fernando Miranda).

Figura 14. El "Parque de Dinosaurios" cuenta con vistosas réplicas a escala real de los grandes reptiles que habitaron la región (fotografía: DyN).

colores que hacen de la geomorfología un recurso paisajístico, se propuso al Gobierno de la Provincia de La Rioja la creación del Parque Geológico Sanagasta. El decreto de creación adjudica al Centro Regional de Investigaciones Científicas y Transferencia Tecnológica (CRILAR) el control científico y académico de este parque geológico. A partir de su puesta en valor actual, el parque ha tomado gran impulso convirtiéndose en un gran atractivo desde el punto de vista ambiental, ecológico, educativo y turístico.

La Reserva natural Divisadero Largo, en la provincia de Mendoza, comprende 492 hectáreas, ubicadas en el piedemonte de la precordillera, 8 kilómetros al oeste de la ciudad de Mendoza, capital de la provincia. Fue declarada área protegida en 1983 y su nombre hace referencia al Cerro Divisadero, desde el cual los nativos avistaban el tránsito de las manadas de guanacos y otros animales, para darles cacería. Más allá de la belleza natural del área se destaca en la reserva una evidente falla geológica, cuyo desplazamiento ha permitido el afloramiento de varios niveles de rocas sedimentarias que representan un intervalo de tiempo mayor a 200 millones de años. El principal propósito de la creación de la reserva lo constituye la protección del conjunto de afloramientos de rocas sedimentarias fosilíferas (Figura 15).

La provincia de Neuquén ha adquirido gran significado a nivel paleontológico debido a sus numerosos e importantes hallazgos de sitios fosilíferos y por esta razón hoy se la conoce como "Tierra de Dinosaurios". El Centro Paleontológico Lago Barreales (CePaLB) es un verdadero parque natural geo-paleontológoico que comprende un yacimiento fosilífero que alberga un ecosistema de 90 millones de años y del cual se han recuperado gran cantidad de restos fósiles del período Cretácico: peces, plantas, tortugas, cocodrilos, cáscaras de huevos,

Figura 15. Panorama desde el Mirador Geológico de la Reserva Natural Divisadero Largo (Fotografía: Cecilia Iglesias).

pterosaurios, dinosaurios herbívoros de diversos grupos y dinosaurios carnívoros como *Futalognkosaurus*, *Unenlagia* y *Megaraptor*. El CePaLB (Figura 16) y su Proyecto Dino dependen de la Universidad Nacional del Comahue y tienen como finalidad la educación en geología y paleontología *in situ* a través de las vivencias personales que obtienen los visitantes en las excavaciones (Calvo *et al.*, 2008). Desde mediados de 2013, conflictos con las comunidades locales por la tierra y problemas de financiamiento para el desarrollo turístico hicieron que el centro permanezca cerrado. Actualmente se está a la espera de decisiones políticas que permitan su reapertura; no obstante, las tareas científicas y de voluntarios continúan.

También cabe destacar acciones tendientes a la preservación del patrimonio a través de la interacción entre el Estado y la actividad privada. Un ejemplo de ello es la protección y puesta en valor turístico del Bosque Petrificado Florentino Ameghino bajo la figura jurídica de Custodio Rural, Ley provincial n° 4217. Situado en el valle inferior del Río Chubut, departamento Gaiman, provincia del Chubut, es un recurso natural no renovable y al mismo tiempo un objeto del pa-

Figura 16. El CePaLB-Proyecto Dino se encuentra enmarcado por un paisaje natural de belleza inigualable. El Paleoturismo, relacionado con valiosos yacimientos paleontológicos (CePaLB y el Valle de los Dinosaurios de El Chocón, ambos en Neuquén, o el Parque Cretácico, en Río Negro) son destinos ya incorporados en el mapa turístico nacional (Martínez, 2013) (Fotografía: Jorge Calvo).

trimonio cultural-paleontológico. Aquí la experiencia concilia tanto actividades científico-académicas y de protección patrimonial, como empresariales-turísticas privadas, junto a un programa de actividades educativas (Lech y Reinoso, 2013). El plan de manejo contempla aporte científico, desarrollo turístico, inversión empresarial privada en infraestructura y servicios y, sobre todo, la coordinación y el papel de contralor del Estado como el responsable primario de la preservación del patrimonio. El Bosque Petrificado Florentino Ameghino (Figura 17) se encuentra en un terreno privado, con los derechos inalienables que ello conlleva; no obstante el dominio de ese elemento patrimonial es exclusivo del estado provincial.

La Reserva Natural Pehuen-Co-Monte Hermoso, área incluida en la lista tentativa de patrimonio de la humanidad, se ubica en la costa atlántica del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Esta reserva alberga, en una extensión de más de tres kilómetros a lo largo de la playa, rocas sedimentarias del Pleistoceno tardío en las que se pueden observar numerosas huellas fósiles. Se trata de un yacimiento paleoicnológico donde se conservan pisadas de fauna y megafauna (megaterios y gliptodontes) de 12.000 años de antigüedad (Figura 18). La cantidad y calidad de improntas fósiles lo convierten en un lugar único. En el área de la Reserva se encuentra a su vez uno de los dos puntos de mayor importancia paleonto-

Figura 17. El Bosque petrificado "Florentino Ameghino" es el primer Custodio Rural de la Provincia del Chubut y único en la República. El Bosque forma parte de la Formación Salamanca, y los troncos petrificados corresponderían a árboles que formaban parte de un extenso bosque de lauráceas y fagáceas que existió hace 60 millones de años.

lógica descubiertos (1832 y 1833) por Darwin en el transcurso de su viaje a bordo del Beagle, la Barranca Monte Hermoso. En otro sector de la reserva se hallan preservadas huellas de aborígenes de 7 000 años de antigüedad. En diciembre de 2005, la Cámara de Diputados de la provincia de Buenos Aires promulgó la ley 13.394 que lo declara Reserva Geológica y Paleontológica Provincial, aunque aún no ha sido reglamentada ni puesta en práctica (Manera *et al*., 2008).

El patrimonio minero

Dentro del contexto de patrimonio geológico es importante destacar la realización de trabajos y proyectos que rescatan al patrimonio de origen e interés minero, con propuestas para la creación de rutas turísticas así como para la dinamización de espacios basados en ese patrimonio.

Existen varios sitios en los que la historia de la actividad minera es parte fundamental de la propuesta turística y del patrimonio del lugar. Entre ellos la mina La Carolina, en la provincia de San Luis, el famoso cablecarril de la mina la Mejicana en la provincia de la Rioja (Figura 19) declarado Monumento Histórico Nacional por decreto Nº 999 del 25/10/1982 (Marcos, 2008) o las geodas de Minas de Wanda-Libertad en la provincia de Misiones (Ávila *et al*., 2008), sólo por mencionar algunos.

Figura 18. Reserva Provincial Paleontológica, Geológica y Arqueológica de Pehuen-Co Monte Hermoso (Fotografía: Teresa Manera).

Figura 19. Estación Nº 1 del Cablecarril de la mina La Mejicana en la localidad de Chilecito. Allí el museo Dr. Santiago Bazán exhibe maquinarias, herramientas y elementos diversos utilizados en la época de funcionamiento del cable (Fotografía: Fernando Miranda).

En este sentido, un área con gran potencial es la región de Tandilia (Fernández y Ramos, 2007; Fernández et al., 2008) en la provincia de Buenos Aires. Actualmente Tandilia es considerada un sitio de interés geológico por encontrarse allí las rocas y fósiles más antiguos del país y por su significativo papel dentro de la historia del desarrollo minero de Argentina. Una importante zona de Tandilia, que incluye las sierras como recurso natural y con potencial turístico, ha sido declarada paisaje protegido (Ley Provincial 14.126, marzo de 2010, Congreso de la Provincia de Buenos Aires). El abandono de utilidades mineras (Figura 20) fue promotor de trabajos de inventario (localización y evaluación del estado actual) de áreas con pasivos ambientales mineros, permitiendo su valorización y el análisis de su inserción territorial y valor patrimonial como parte de una alternativa de uso recreativo sostenible (Fernández *et al.*, 2012). Esto surge como una alternativa para incrementar las posibilidades de transformación, particularmente en regiones donde la actividad minera ha desaparecido (Fernández *et al.*, 2009).

Figura 20. Antigua cantera de granito Cerro Leones (fotografía: Fernando Miranda).

A modo de reflexión. Algunas perspectivas y conclusiones

Como señaláramos a lo largo del texto y en más de una oportunidad, el concepto de patrimonio geológico es relativamente nuevo en Argentina. No obstante, de los párrafos precedentes se desprende que no han sido ni son pocos los profesionales e instituciones vinculados y con interés en el desarrollo de su temática (cabe aclarar aquí que solo hemos hecho mención de algunas acciones, conscientes de la existencia de una gran cantidad de trabajos relacionados al tema en todo el país). Más aún, la tendencia es creciente, indicando que la demanda, más allá de la valorización y conservación del patrimonio en sí mismos, señalan el interés y toma de conciencia sobre el propio territorio.

Sin embargo, más allá de los muchos esfuerzos individuales, algunos aspectos tornan necesario un trabajo conjunto, particularmente aquellos vinculados a inventarios y conservación. En esta breve presentación vemos entonces que en Argentina hay tareas fundamentales pendientes:

1) Inventario, catalogación y confección de un listado sistemático de los bienes que integran el patrimonio geológico, a escala local, provincial o regional y nacional.
2) Designación de un organismo de nivel nacional que sea referente y a la vez formador en el tema, encargado de articular el accionar de los distintos actores participantes.
3) Formulación de una política de divulgación y protección del patrimonio geológico, entendiendo como parte de esto el desarrollo de una legislación específica.

Para que estos objetivos puedan articularse armónicamente es necesario contemplar una continuidad de los programas en el tiempo, una asignación de recursos adecuada y evitar la superposición de tareas.

Las áreas protegidas, en muchos casos, resultan un marco ideal para el desarrollo, caracterización y difusión del patrimonio geológico. En ellas, la explicación de la historia geológica y de los procesos que modelaron algunos de esos escenarios trasciende el quehacer geológico y posibilita el enriquecimiento de actividades turísticas, científicas y didácticas. Por añadidura, la implementación de parques geológicos que aborden temáticas específicas y de geoparques, en su sentido holístico, surgen como propuestas saludables.

Es importante remarcar que, en el contexto del patrimonio geológico, existen múltiples aspectos que a menudo se olvidan. Como ejemplo vaya el resguardo y mantenimiento de colecciones centenarias de rocas, minerales y fósiles que en algunos casos han soportado décadas de abandono.

Para finalizar evocamos nuevamente la frase de Luis Carcavilla, pero esta vez en forma completa: "La divulgación de la geología ofrece una experiencia menos emocional que la de ver una especie singular o amenazada, pero por el contrario proporciona una sensación de descubrimiento acerca de un mundo nuevo para muchas personas".

Vivimos en este planeta y aprovechamos sus recursos naturales. Tenemos la responsabilidad de entenderlo, de reconocer y apreciar tanto su fuerza como su delicada fragilidad. Tenemos el enorme compromiso de comprender y hacer comprender que el ser humano es su máximo garante. Sin duda la conservación del patrimonio geológico es una herramienta fundamental en esta historia.

Referencias

Acha, E., A. Marchioli y P. González (2013), "El Patrimonio Geológico-Minero de Mina Incahuasi, Departamento Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca", *Actas I Simposio Argentino de Patrimonio Geológico, Geoparques y Geoturismo y III Encuentro Latinoamericano de Geoparques*, San Martín de los Andes, Argentina, 228 pp.

Aguirre Urreta, M. B. y V. A. Ramos (1996), "Áreas de Interés", en Ramos, V. A. (ed.), *Geología de la Región del Aconcagua. Provincias de San Juan y Mendoza, República Argentina,* Anales vol. 24, núm. 18, pp. 471-480, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Subsecretaría de Minería de La Nación, Buenos Aires.

Alcober, O., R. Martínez y C. Colombi (2008), "Parque Provincial Natural Ischigualasto. La cuna de los dinosaurios", en CSIGA (ed.), *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina*, Anales vol. 46, núm. I, pp. 145-162, Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.

Ardolino, A., A. Busteros y H. Lema (2002), "Sitios de Interés Geológico", en Haller, M. (ed.), *Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino*, vol. VI, núm. 2, pp. 1-18. El Calafate, Provincia de Santa Cruz.

Ávila, F. M., J. F. Crivello y J. G. Portaneri (2008), "Las minas de Wanda-Libertad. Piedras preciosas en Misiones", en CSIGA (ed.), *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina*, Anales vol. 46, núm. I, pp. 391-400, Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.

Baraldo, J., A. Monetta, A. Cardinali, R. Weidmann y V. Contreras (2005), "Los sitios de interés geológico de la Provincia de San Juan", *Actas XVI Congreso Geológico Argentino*, vol. 5, pp. 427-432, La Plata. Buenos Aires.

Bertolini, J., G. Bahler y F. Zabalegui (2005), "Sitios de interés geológico de Entre Ríos", *Actas del XVI Congreso Geológico Argentino*, núm. 5, pp. 433-436, La Plata, Buenos Aires.

Candiani, J. C. (coord.: 2014), "Sitios de Interés geológico", en Martino, R. D. y A. B. Guereschi (eds.), *Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de la provincia de Córdoba*, pp. 1307-1347, Asociación Geológica Argentina, Córdoba.

Calvo, J. O., M. L. Sánchez, S. Heredia y J. D. Porfiri (2008), "Centro paleontológico Lago los Barreales-Proyecto Dino, Neuquén. Un ecosistema del Cretácico Superior", en CSIGA (ed.), *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina*, Anales vol. 46, núm. II, pp. 577-592, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.

Carcavilla, L. (2012), *Geoconservación. Un recorrido por lugares geológicos excepcionales para entender cómo y por qué debemos protegerlos,* Instituto Geológico Minero de España, Madrid, 126 pp.

Caselli, A. T. (2008), "Talampaya. Viento, agua y tiempo, diseñadores de una arquitectura deslumbrante", en: CSIGA (ed.), *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales*, Anales vol. 46, núm. I, pp. 131-144, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.

Castelli, L. y V. Spallasso (2007), *Planificación y conservación del paisaje: herramientas para la protección del patrimonio natural y cultural,* Fundación Naturaleza para el Futuro, Buenos Aires, 224 pp.

Cingolani, C. A. (2008), "Tandilia. Las rocas y los fósiles más antiguos de Argentina", en: CSIGA (ed.), *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina*, Anales vol. 46, núm. II, pp. 477-494, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.

Comisión Nacional de Museos, Monumentos y Lugares Históricos (2014). http://www.cultura.gob.ar/museos/comision-nacional-de-museos-y-de-monumentos-y-lugares-historicos/.

CSIGA (ed.: 2008), *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. Los geólogos nos cuentan,* Anales vol. 46, tomos 1 y 2, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, Argentina, 907 pp.

Cúneo, N. R. (2008), "El Geoparque Bryn Gwyn. 40 millones de años atrás en la Patagonia", en CSIGA (ed.), *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina*, Anales vol. 46, núm. II, pp. 697-704, Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.

Danieli, J. C., O. Carbone, M. Franchini, A. Garrido, M. Gingins y H. Leanza (2011), "Sitios de Interés Geológico", en Leanza H., C. Arregui, O. Carbone, J. Danieli y J. M. Vallés, *Relatorio del XVII Congreso Geológico Argentino*, pp. 881-893, Geología y recursos naturales de la provincia de Neuquén, Neuquén.

Endere, M. L. e I. Podgorny (1997), "Los Gliptodontes son argentinos. La ley 9080 y la creación del Patrimonio Nacional", *Ciencia Hoy. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy,* vol. 7, núm. 42, sept.-oct.

Esaín, J., M. G. García y E. P. Jiménez (2008), "La cuestión de la tutela ambiental antes y después de la reforma constitucional de 1994. Un análisis crítico del art. 41 de la Constitución Nacional", en Gargarella, R. (coord.), *Teoría y crítica del Derecho Constitucional,* vol. 2, pp. 1001-1028, Abeledo Perrot, Buenos Aires.

Etcheverría, M., H. Lema, F. Miranda, A. Ardolino, A. Anselmi, A. Echevarría, M. Franchi, S. Lagorio y C. Negro (2010), "Patrimonio geológico: proyecto Sitios de Interés Geológico de la República Argentina", Simposio "Geoparques, Patrimonio Natural y Cultural", XV Congreso Peruano de Geología, publicación especial núm. 9, pp. 265-268, Sociedad Geológica del Perú, Perú.

Fauqué, L., R. Hermanns, K. Hewitt, M. Rosas, C. Wilson, V. Baumann, S. Lagorio e I. Di Tommaso (2009), Mega-deslizamientos de la pared sur del cerro Aconcagua y su relación con depósitos asignados a la glaciación pleistocena, *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, vol. 65, núm. 4, pp. 691-712, Buenos Aires.

Fernández, G. y A. Ramos (2007), El patrimonio de los pueblos minero-industriales del sudeste bonaerense (Argentina) como recursos para nuevos productos turísticos, Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, *De Re Metallica* núm. 8, pp. 65-72.

Fernández, G., S. Valenzuela, R. Castronovo, S. Ricci, D. Alejandro y A. Ramos (2008), El patrimonio geológico-minero como recurso para crear rutas turísticas en el sistema de Tandilia, Argentina, Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, *De Re Metallica*, núms. 10-11, pp. 81-90.

Fernández, G., Castronovo, R., Valenzuela, S., Ricci, S., Ramos, G. 2009. Patrimonio geológico-minero y turístico en Argentina, Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, *De Re Metallica,* núm. 13, pp. 71-81.

Fernández, G., S. Ricci, S. Valenzuela, R. Castronovo y A. Ramos (2012), "Patrimonio minero geológico: pasivos ambientales, territorio y usos alternativos", en Ulberich, A. (ed.), *Estudios Ambientales III: Tandilia y el sudeste bonaerense,* Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Buenos Aires, 210 pp.

GTAP-SDyDS (Grupo de Trabajo de Áreas Protegidas, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación) (2015). (Actualizado a setiembre de 2015) En: [http://obio.ambiente.gob.ar/areas-protegidas-52].

Hünicken, M. A. (2005), "La Formación Sanagasta y el Parque Geológico (Cretácico Superior) con Nidos y Huevos de Dinosaurios, Valle de Sanagasta, Provincia de La Rioja, Argentina", en Aceñolaza, F. G. (ed.), *INSUGEO*, Serie Correlación Geológica, núm. 19, pp. 75-82.

Ibáñez Palacios, G. P., A. L. Ahumada y S. V. Páez (2012), "Patrimonio geológico en una región de la Sierra del Aconquija, provincia de Tucumán y Catamarca, Argentina", *Revista Pasos*, vol. 10, pp. 75-87. [www.revistapasosonline.com].

Lech, R. R. y J. R. Reinoso (2013), "El '*Bosque Petrificado F. Ameghino*': más que un atractivo paleontológico, un futuro Geoparque en el Valle Inferior del Río Chubut, Argentina", *Actas I Simposio Argentino de Patrimonio Geológico, Geoparques y Geoturismo y III Encuentro Latinoamericano de Geoparques*, San Martín de los Andes, Argentina, 228 pp.

Lema, H. y Grupo CSIGA (2007), "Sitios de Interés Geológico de la República Argentina", *VI Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, V Congreso de Áreas Protegidas,* Resúmenes, 125. La Habana, Cuba.

Lema, H., M. Etcheverría, J. Mendía, F. Miranda y M. F. Rodríguez (2014), Patrimonio Documental e Histórico y el valor de los inventarios, *Actas del XIX Congreso Geológico Argentino* (CD), Simposio 8, 13, Córdoba.

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. Ostera, H. O. Panarello (eds.), *Actas XV Congreso Geológico Argentino* (CD), Calafate, Santa Cruz.

Manera, T., S. A. Aramayo, C. Zavala y R. O. Caputo (2008), "Yacimiento paleoicnológico de Pehuen Co. Un patrimonio natural en peligro", en CSIGA (ed.), *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina*, Anales, vol. 46, núm. II, pp. 509-520, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.

Marcos, O. R. (2008), "Mina La Mejicana. El cablecarril: notable obra de ingeniería de los albores del siglo XX", en CSIGA (ed.), *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina,* Anales, vol. 46, núm. I, pp. 113-124, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.

Martínez, O. R. (2008), "Patrimonio geológico. Identificación, valoración y gestión de sitios de interés geológico", *Geograficando*, año 4, núm. 4, pp. 233-250, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.

Martínez, P. (2013), Invitación al Geoturismo. Reflexiones sobre geodiversidad y potencial geoturístico en la Patagonia argentina, *Boletín geográfico,* año XXXIV, núm. 35, pp. 61-78, Departamento Geografía. Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.

Medina, W.M. 2012. Propuesta metodológica para el inventario del patrimonio geológico de Argentina. Dissertação de Mestrado em Património Geológico e Geoconservação, Universidade do Minho. 106p. Portugal.

Miranda F. y Grupo CSIGA (2009), "Proyecto Sitios de Interés Geológico de la República Argentina", *Actas XII Congreso Geológico Chileno* (CD), Simposio Geopatrimonio. Santiago, Chile.

Miranda F., Grupo CSIGA (2010), "Sitios de Interés Geológico: una nueva tendencia en Argentina", *Memoria 1er Seminario Taller Internacional sobre Patrimonio Geológico, Minero y Metalúrgico*, pp. 77-82, Loja, Ecuador.

Miranda, F. (2011), "Los sitios de interés geológico, ¿quién está interesado?", *XIV Congreso Latinoamericano de Geología,* Bogotá D. C., Colombia, (CD).

Miranda, F., F. Pereyra, H. Lema y J. L. Aguilar (2011), "Los paneles temáticos como herramienta del geoturismo: el caso de San Pedro, provincia de Buenos Aires, Argentina", *I Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile*, Melipeuco, Chile (CD).

Miranda, F. y M. Gozálvez (2013), "Geoturismo y educación: algunas acciones del Servicio Geológico Minero Argentino", *Actas I Simposio Argentino de Patrimonio Geológico, Geoparques y Geoturismo y III Encuentro Latinoamericano de Geoparques*, San Martín de los Andes, Argentina, 228 pp.

Miranda, F. y H. Lema (2013), "Panorama actual del Patrimonio Geológico en Argentina", *Boletim Paranaense de Geociencias*, vol. 70, pp. 87-102.

Miranda, F. (2014), "Algunas contribuciones del Servicio Geológico Minero Argentino a la educación no formal en geociencias", *Actas del XIX Congreso Geológico Argentino* (CD), Simposio 8, 20, Córdoba.

Parques Nacionales (2015). Historia Institucional. [http://www.parquesnacionales.gob.ar/institucional/historia-institucional/].

Panza, J, L. Sacomani y F. Miranda (2014), Divulgación de Información Geológica en el Parque Nacional Monte León, provincia de Santa Cruz. Informe preliminar - Etapa: Paneles Temáticos, DGR- IGRM- SEGEMAR, 47 p.

Ramos, V. A. (1993), "Geología y estructura de Puente del Inca y el control tectónico de sus aguas termales", *Simposio sobre Puente del Inca. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Actas *V*, pp. 8-19.

Ramos, V. A., M. Cegarra, D. Pérez y F. J. Miranda (2008), "Puente del Inca: ingeniería natural", en CSIGA (ed.), *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina,* Anales, vol. 46, núm. I, pp. 203-214, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.

Rimoldi, V. H. (1993), "Puente del Inca. Un monumento natural comprometido. Simposio sobre Puente del Inca", XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas V, pp. 1-7.

Rubio, H. A., C. A. Santilli y M. A. Salomón (1993), "Puente del Inca: restauración y preservación. Simposio sobre Puente del Inca", *XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Actas V, pp. 20-23.

SEGEMAR-IGRM (1994), *Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Modelo de carta geológica. Normativa de realización*, Buenos Aires, 62 pp.

SEGEMAR (2012), SEGEMAR. *Servicio Geológico Minero Argentino. Memoria 2012,* Buenos Aires.

Sfragulla, J. A., S. Peretti y A. Bonalumi (2013), "Primer circuito de geoturismo en Córdoba, Argentina", *Actas I Simposio Argentino de Patrimonio Geológico, Geoparques y Geoturismo y III Encuentro Latinoamericano de Geoparques*, San Martín de los Andes, Argentina, 228 pp.

Tauber, A. A. (2007), "Primer yacimiento de huevos de dinosaurios (Cretácico Superior) de la provincia de La Rioja, Argentina", *Ameghiniana,* vol. 44, núm. 1, Buenos Aires.

Brasil

Flavia Fernanda de Lima
Geodiversidade Soluções Geológicas Ltda.

Carlos Schobbenhaus
Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Marcos A. L. Nascimento
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Introdução

As iniciativas de promoção da conservação e gestão do patrimônio geológico ainda são relativamente recentes no Brasil, tendo sido iniciadas apenas da década de 90 do século XX. O reconhecimento, promoção e proteção dedicada aos valores geológicos em território brasileiro ainda não tem a mesma prioridade que os esforços direcionados aos valores biológicos e culturais. A conservação dos elementos geológicos acontece discretamente, mas, na maioria dos casos, fruto de uma eventualidade e não de uma estratégia concreta de geoconservação. Por outro lado, esta condição possibilita que este novo ramo das geociências aproveite da experiência gerada nas estratégias de conservação obtidas com outros tipos de patrimônio, como o biológico, o histórico e o cultural.

O Brasil possui um território bastante extenso, rico em recursos naturais e dotado de uma importante geodiversidade, porém ainda pouco conhecida e compreendida, de uma forma geral, pela sociedade. A proteção ambiental devidamente fundamentada pela legislação brasileira e aplicada à conservação do patrimônio geológico, pode ajudar a prever e planejar a utilização racional dos elementos geológicos excepcionais, incluindo benefícios sociais, econômicos e ambientais.

O propósito deste capítulo é apresentar a perspectiva atual dos estudos e iniciativas relacionadas ao patrimônio geológico brasileiro, revelando suas características, dificuldades, sucessos e desafios.

Enquadramento Legal aplicado ao Patrimônio Geológico

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 estabelece a preservação do meio ambiente como direito fundamental dos cidadãos. Diversos artigos são dedicados ao meio ambiente ou estão a ele vinculados, mas é o artigo 225 que estabelece que "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações". No intuito de atender os princípios que fundamentam a constituição brasileira, foram estabelecidos instrumentos legais bastante amplos no âmbito da proteção ambiental e que, de forma direta ou indireta, apresentam relação com a proteção do patrimônio geológico. Alguns destes instrumentos legais promovem a conservação e/ou a preservação de recursos naturais e/ou culturais, em espaços demarcados considerados estratégicos para a gestão do território, uma vez que estabelecem limites e dinâmicas específicas ao uso e ocupação. Destacam-se neste contexto as Unidades de Conservação (Lei nº 9.985/2000), as Áreas de Preservação Permanentes e as Reservas Legais (Lei Federal nº 12.651/2012, modificada pela Lei nº 12.727/2012).

Ao longo das décadas de 70 a 90 do século XX, o Brasil investiu na criação e gestão de Unidades de Conservação (UC) nos âmbitos federal, estadual e municipal. Os bons resultados alcançados na conservação da natureza no país foram fundamentados pela: *i)* forte participação da comunidade científica e profissional; *ii)* identificação e caracterização qualitativa e quantitativa das áreas e espécies a serem conservadas no país; *iii)* construção aprimorada de um sistema nacional de conservação da natureza; e *iv)* reconhecimento, por parte do governo, da responsabilidade de proteger o patrimônio natural para as presentes e futuras gerações.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) foi instituído pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, e estabeleceu critérios e normas para a criação e gestão das UC. O SNUC sistematizou as UC em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável, compreendendo no total, doze categorias de manejo, cada uma com diferenças quanto à forma de proteção e aos tipos de usos permitidos, contribuindo para a conservação dos recursos naturais no Brasil. O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) é, desde 2007, a entidade responsável pela administração das UC federais, além de fomentar e executar os programas de pesquisa, proteção e conservação da biodiversidade no país.

A premissa norteadora de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, manifesto na constituição brasileira, subentende um sistema natural com impli-

cações e relações diretas entre os aspectos bióticos e abióticos da natureza. Neste sentido, o SNUC contempla, de forma clara em seus objetivos, a proteção de elementos bióticos e abióticos da natureza, com destaque para:

> VI - proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica; VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural; VIII - proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos.

Todavia, na prática, é nítida a notoriedade dada à dimensão biológica e ecológica da natureza. Este desequilíbrio é evidente nas estratégias de proteção, nos programas de pesquisa e nas ações de gestão da natureza vigentes no país.

A criação e gestão de UC no Brasil, apesar das dificuldades, tem evidenciado ser uma estratégia eficaz, a longo prazo, para a conservação e manutenção dos recursos naturais. Certamente que importantes elementos do patrimônio geológico brasileiro são preservados em UC estabelecidas pelo SNUC. No entanto, esta conservação ocorre, normalmente, de forma indireta, associada aos valores biológicos, estéticos e histórico-culturais das UC, sem ter em conta o valor intrínseco e científico do patrimônio geológico.

Outros dois instrumentos jurídicos existentes na legislação brasileira que conciliam a preservação dos recursos naturais e o disciplinamento do seu uso são as Áreas de Preservação Permanente (APP) e as Reservas Legais (RL). Uma APP é uma

> área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Lei nº 12.651/12).

Apesar destas áreas possuírem elevada fragilidade ambiental, elas exercem um importante papel no desenvolvimento econômico sustentável local. As RL

> são áreas localizadas no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (Lei nº 12.651/12).

As RL desempenham um relevante papel na preservação da biodiversidade local e na contenção da pressão antrópica.

Integrantes do Código Florestal Brasileiro, revisado e aprovado pela Lei nº 12.651/2012, modificada pela Lei nº 12.727/2012, estas áreas protegidas são tratadas no domínio do planejamento da paisagem, com a função estratégica de assegurar o equilíbrio ambiental e conectar fragmentos naturais preservados. Os objetivos destes dois tipos de áreas protegidas possibilitam a integração dos elementos que constituem o patrimônio geológico nas respectivas estratégias de conservação ambiental, apesar de ainda pouco utilizados neste intuito.

Para além dos aspectos relacionados com o patrimônio natural, a Constituição Federal de 1988 também insere o patrimônio geológico como parte integrante do patrimônio cultural brasileiro. No artigo 216, o patrimônio cultural brasileiro é definido como sendo constituído pelos "bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira." Estão compreendidos nestes bens materiais "os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico".

A abrangência dos bens materiais incluídos na legislação brasileira de preservação do patrimônio cultural pode servir de base à aplicação de instrumentos jurídicos e administrativos na conservação do patrimônio geológico. Criado em 1993, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) é o órgão federal responsável em preservar, divulgar e fiscalizar os diferentes elementos que compõem o patrimônio cultural brasileiro, bem como assegurar a permanência e usufruto para a presente e futuras gerações.

Existem diversificados instrumentos legais de proteção do patrimônio cultural, sendo alguns de maior afinidade com o patrimônio geológico. O Decreto-Lei nº 25, de 30 de Novembro de 1937, estabelece a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional, cuja conservação seja de interesse público. No intuito de preservar bens de valor histórico, cultural, arquitetônico, ambiental e também de valor afetivo para a população, coibindo a sua destruição e/ou descaracterização, este decreto-lei possibilita o tombamento por ato administrativo realizado pelo Poder Público, nos níveis federal, estadual ou municipal. Um bem tombado constitui-se por um ato voluntário ou compulsório, mas não necessita ser desapropriado, desde que seja garantida a sua preservação pelo proprietário. Enquadram-se neste regime de tombamento "os monumentos naturais, bem como os sítios e paisagens que importe conservar e proteger pela feição notável com que tenham sido dotados pela natureza ou agenciados pela indústria humana". A

aplicação deste instrumento jurídico para a conservação de patrimônio geológico é adequada, embora ainda pouco usada com esta finalidade.

Na legislação brasileira, os patrimônios paleontológico e espeleológico, integrantes do patrimônio geológico, são considerados bens da União pela Constituição Brasileira e enquadram-se em legislação específica de caráter restritivo quanto ao seu uso, embora não discrimine os mecanismos necessários para a sua conservação.

O patrimônio espeleológico compreende as cavidades naturais subterrâneas e seus elementos bióticos e abióticos associados. São consideradas bens da União (Art. 20, Inciso X) e Patrimônio Cultural Brasileiro (Art. 216, Inciso V) pela Constituição Brasileira de 1988, estando consequentemente regulamentado por leis, decretos e portarias.

À semelhança do que acontece com o patrimônio espeleológico, o patrimônio paleontológico, representado pelos depósitos fossiliferos e os espécimes deles extraídos, é considerado bem da União (Art. 20º, Inciso I, em conjunto com o Decreto-Lei nº 4.146/1942) e Patrimônio Cultural Brasileiro (Art. 216º, inciso V) ficando, consequentemente, sujeito à aplicação desta legislação. Este tipo de patrimônio está regulamentado para efeitos de coleta científica de material fóssil e define como crime contra a ordem a exploração de fósseis sem autorização do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (Lei nº 8.176/1991). Em 1998, por meio da Lei nº 9.605, foram estabelecidas sanções/punições para os crimes contra o patrimônio, inclusive o paleontológico.

O Brasil apresenta ainda instrumentos jurídicos de caráter internacional que podem vir a ser aplicados na conservação do patrimônio geológico, em particular os estabelecidos por convenções ou acordos internacionais dos quais o país faz parte, nomeadamente:

i) Programa O Homem e a Biosfera, da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), aderido pelo Brasil desde 1974. As Reservas Mundiais da Biosfera conciliam três funções básicas: conservar aspaisagens, ecossistemas e espécies; promover o desenvolvimento socioeconômico, de forma cultural, social e ecologicamente sustentável; fomentar pesquisas, monitoramento e educação;

ii) Convenção de Ramsar sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, ratificada pelo Brasil em 1996. Promove a cooperação internacional como forma de garantir a conservação e o uso sustentável de zonas úmidas, reconhecendo suas funções ecológicas fundamentais e seu valor científico, cultural e recreativo;

iii) Convenção relativa à Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural (UNESCO), sancionada pelo Brasil em 1977, reconhece os bens de inestimável e insubstituível valor patrimonial cultural e natural que apresentem importância para toda a humanidade.

Nas áreas estabelecidas por estes acordos e convenções internacionais, entende-se que o patrimônio geológico nelas incluído encontra-se salvaguardado, embora ações específicas de gestão que, efetivamente, garantam sua manutenção, não estarem habitualmente detalhadas nos planos de manejo e planejamento territorial.

Recentemente, um grande passo foi dado a favor da conservação do patrimônio geológico com o estabelecimento dos Geoparques Mundiais da UNESCO através do Programa Internacional Geociências e Geoparques. Esta designação internacional promove o desenvolvimento territorial em áreas onde os elementos geológicos são geridos em um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável.

Seleção e Registro de Sítios Geológicos

Para um país com a extensão territorial do Brasil, a identificação de geossítios revela-se uma tarefa bastante árdua e demorada. No entanto, algumas iniciativas vêm sendo desenvolvidas nos últimos anos, promovidas por diversas instituições, conforme se discrimina a seguir.

Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP)

A SIGEP de abrangência multi-institucional, criada em 1997, ocupou-se pela primeira vez no Brasil da identificação, avaliação, descrição e publicação de geossítios, de forma sistêmica e com a participação da comunidade geocientífica. É uma organização civil que, embora integrada por diversas instituições, não possui caráter institucional ou governamental. A SIGEP representou a mais importante e abrangente iniciativa no movimento pela identificação do patrimônio geológico nacional, seguida de algumas iniciativas em nível estadual. Essa iniciativa descreveu geossítios de valor excepcional, isto é, feições notáveis identificadas no contexto da extensa diversidade geológica do país que representam parte do patrimônio geológico do Brasil.

A SIGEP conta com representantes das seguintes instituições: Associação Brasileira para Estudos do Quaternário (ABEQUA), Departamento Nacional de

Produção Mineral (DNPM), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Petróleo Brasileiro S/A (PETROBRAS), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), Sociedade Brasileira de Geologia (SBG), Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP) e União da Geomorfologia Brasileira (UGB).

O inventário do patrimônio geológico desenvolvido pela SIGEP seguiu, sobretudo, critérios científicos, mas outros tipos de interesses também foram considerados, a exemplo dos interesses educativo, turístico e cultural. A principal atribuição da SIGEP, elencar os geossítios brasileiros, foi implementada pelo gerenciamento de um banco de dados nacional e disponibilizado em site da Internet (http://sigep.cprm.gov.br) na forma de artigos científicos bilíngues, inglês e português, elaborados por especialistas que trabalharam nas áreas dos geossítios. Descrições sobre os mesmos sítios em linguagem não técnica são reiteradamente fomentadas, visando alcançar ampla divulgação junto à sociedade como um todo, estimulando o senso de valorização e o espírito preservacionista. Além das informações disponíveis na Internet, a SIGEP publicou trabalhos científicos de mais de uma centena de geossítios em 3 volumes com o apoio do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), editados por Schobbenhaus *et al.* (2002), Winge *et al*. (2009) e Winge *et al*. (2013).

A existência de elementos arqueológicos como artes rupestres, fatos históricos, bem como de manifestações tradicionais de celebração religiosa ou cultural ligados ao sítio geológico ou paleobiológico proposto foi considerada, a par do critério geológico e/ou paleobiológico principal e essencial, como ponto positivo adicional na avaliação do sítio.

A captação de novas propostas de geossítios avançou para uma dinâmica aberta na Internet, envolvendo o cadastramento da proposta em formulárioeletrônico desenhado pela SIGEP, orientado por premissas básicas, seguido da livre análise, críticas e sugestões pela comunidade geocientífica, sendo concluído com a homologação do resultado pela SIGEP, com *status* de aprovado ou nãoaprovado.

De acordo com o processo seletivo, a avaliação dos geossítios leva em consideração a sua tipologia principal, dentre as seguintes categorias: Astroblema; Espeleológico; Estratigráfico; Geomorfológico; Hidrogeológico; História da Geologia, da Mineração e da Paleontologia; Ígneo; Marinho-submarino; Metamórfico; Metalogenético; Mineralógico; Paleoambiental; Paleontológico; Sedimentar; Tectono-estrutural; ou, Outros (Figura 1). Os critérios de julgamento são:

Figura 1. Exemplos de geossítios cadastrados na SIGEP. A) "Bloco pingado" em varvito do Grupo Itararé, Carbonífero Superior, Rio Negro, Paraná. Tipologias: paleoambiental e estratigráfico. Foto: Antonio Liccardo; B) Caverna Casa de Pedra, mármore do Grupo Lageado, Mesoproterozóico, Iporanga, São Paulo (Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira). Tipologia: espeleológico. Foto: Clayton Ferreira Lino; C) Conglomerado diamantífero da Formação Tombador, Mesoproterozóico, Rio Combucas, Chapada Diamantina, Bahia. Tipologia: sedimentológico, história da mineração. Foto: Ricardo Fraga; D) "Mar de Bolas" do Lajedo do Pai Mateus. Matacões graníticos do Plutão Bravo do Neoproterozóico, Cabaceiras, Paraíba. Inscrições rupestres pré-colombianas. Tipologia: geomorfológico, Ígneo. Foto: Geysson Lages; E) Itabiritos dobrados da Formação Cauê, Grupo Itabira, Serra da Piedade, Minas Gerais. Tipologia: sedimentológico, estratigráfico, metalogenético. Foto: Virginio Mantesso Neto; F) Fronde de *Dicroidium zuberi*, Passo das Tropas, Santa Maria, Rio Grande do Sul. Importante fóssil da flora do Mesotriássico do supercontinente Gondwana. Largura da foto representa ~15 cm. Tipologia: Paleontológico. Foto: acervo pessoal de Margot Guerra-Sommer.

- singularidade na representação de sua tipologia ou categoria;
- importância na caracterização de processos geológicos-chave regionais ou globais; períodos geológicos e registros expressivos na história evolutiva da Terra;
- expressão cênica;
- bom estado de conservação;
- acesso viável; e
- existência de mecanismos ou possibilidade de criação de mecanismos que lhe assegure conservação e consequente aproveitamento.

Durante quinze anos, a Comissão colheu em um sistema aberto e continuado, propostas de descrição de geossítios magnos do Brasil a serem preservados, no intuito de: servir de base para orientação de ações governamentais e privadas de conservação do patrimônio geológico nacional; fomentar a pesquisa científica básica e aplicada; difundir este conhecimento nas áreas das ciências da Terra; fortalecer a consciência conservacionista; e, estimular atividades educacionais, recreativas e/ou turísticas, em prol da participação e do desenvolvimento socioeconômico das comunidades locais (Winge *et al.,* 2013).

A despeito da organização e dinâmica que tem permitido à SIGEP exercer *de fato* as suas competências, a sua oficialização jurídica no âmbito do Poder Público ainda não foi alcançada, restringindo sua capacidade legal de propor ou adotar medidas formais para a preservação dos geossítios. Como forma de remediar esta situação, foi publicada a Portaria nº 170, de 20 de junho de 2012, da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, criando o Grupo de Trabalho Interministerial de Sítios Geológicos e Paleontológicos (GTI-SIGEP) para elaborar uma proposta de institucionalização das atividades da SIGEP, bem como a revisão dos procedimentos para a seleção de novos sítios geológicos e paleontológicos de valor singular, e ainda, o gerenciamento e divulgação das informações produzidas.

Quinze anos após a criação da SIGEP surge então a perspectiva para o marco legal que irá impulsionar oficialmente a identificação, valorização, divulgação, conservação e uso de sítios representativos do patrimônio geológico e paleontológico brasileiro. O GTI-SIGEP finalizou a sua atividade ao propor a criação da Comissão do Patrimônio Geológico do Brasil através de uma proposta de decreto presidencial, com as atribuições de identificar os bens que constituem a memória geológica nacional, bem como definir e encaminhar propostas de acautelamentos aos órgãos competentes. Em consequência, o processo de acolhimento de novas

propostas no âmbito da SIGEP encontra-se atualmente suspenso, enquanto decorre todo este processo de restruturação.

Em suma, a SIGEP, comissão multi-institucional atuante entre os anos de 1997 e 2012, coordenou e promoveu com a comunidade geocientífica, o inventário de sítios geológicos e paleontológicos do Brasil, mediante produção de artigos científicos complementados por sugestões de medidas de proteção. A ampla divulgação na Internet e a publicação de volumes impressos alcançaram órgãos públicos nas esferas municipal, estadual e federal, bem como o setor produtivo e a opinião pública de maneira geral, representando uma contribuição extremamente relevante para a conservação e uso adequado do patrimônio natural brasileiro e da sua geodiversidade. Cumpre aqui destacar a atividade que a Procuradoria da República do Ministério Público Federal vem desenvolvendo no sentido de que medidas de proteção sejam tomadas para com os sítios da SIGEP, em especial aqueles identificados como de alta vulnerabilidade.

A produção da SIGEP em seus quinze anos de existência pode ser assim resumida (Figura 2):

- 116 sítios publicados em 3 volumes e disponibilizados em PDF na internet;
- 4 sítios dentre os já publicados, possuem também versão para leigos divulgada no Volume III (também veiculados na Internet);
- 49 sítios aprovados, mas sem descrição disponível;
- 26 sugestões preliminares de sítios não formalizadas;
- 26 propostas de sítios canceladas (irrelevância, superposição com outras propostas, deficiente estado de conservação, etc.).

Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

Como gerador e detentor do conhecimento geológico nacional, cabe ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM), com o apoio da área acadêmica e dos serviços geológicos estaduais, realizar de forma ampla o inventário de geossítios, tanto de importância internacional, quanto nacional ou regional. Atualmente, a CPRM promove a identificação, caracterização e avaliação de sítios, visando fomentar a conservação do patrimônio geológico brasileiro por meio do Projeto Geoparques do Brasil, como membro da SIGEP e também através do aplicativo GEOSSIT (Schobbenhaus et al., 2015).

Uma atividade essencial realizada pelo Projeto Geoparques do Brasil, disponibilizado no site da CPRM na Internet (http://www.cprm.gov.br), é a identificação, cadastro e quantificação de geossítios de diversas tipologias na área do pro-

Figura 2. Geossítios cadastrados pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP).

posto geoparque. Esse trabalho apoia-se no acervo de levantamentos geológicos existentes no país e na experiência do corpo técnico da empresa, além do aporte de estudos e propostas da comunidade geocientífica.

Esta ação indutora desenvolvida pela CPRM representa, entretanto, somente o passo inicial para o futuro geoparque. A continuidade das ações visando a construção de um geoparque deve ser promovida pelas autoridades públicas, comunidades locais e iniciativas privadas agindo em conjunto (CPRM, 2014).

Nos últimos cinco anos foram concluídos estudos em 17 propostas de geoparques, cobrindo áreas de norte a sul do país. Dessas, 14 foram publicadas pela CPRM no primeiro volume do livro "Geoparques do Brasil: Propostas" (Schobbenhaus e Silva, 2012). Diversas outras propostas estão em fase de avaliação ou serão tratadas em etapas seguintes. Até o momento foram cadastrados 376 geossítios nos 17 propostos geoparques. Esses geossítios apresentam diferentes tipos

de valor: científico, didático, turístico, cultural e outros. A sua importância varia de regional (59%), nacional (31%) a internacional (10%). Dentre os geossítios cadastrados, cerca de 48% relacionam-se ao Pré-Cambriano, 24% ao Paleozoico, 24% ao Mesozoico e o restante ao Cenozoico. Os geossítios mais comuns são de interesse geomorfológico, estratigráfico e paleoambiental, normalmente associados a geoformas de valor estético. Outros são paleontológicos, ígneos, petrológicos, metalogenéticos e espeleológicos. Outros ainda incluem importantes registros da história da mineração ou ainda relevantes valores pré-históricos e histórico-culturais associados.

As atividades do Projeto Geoparques do Brasil incluem o cadastramento e quantificação do valor de geossítios. Independentemente das futuras ações a serem tomadas com relação aos propostos geoparques, o cadastramento dos geossítios será incorporado em uma atividade mais ampla de âmbito nacional: o Inventário de Sítios do Patrimônio Geológico do Brasil. Essa iniciativa nacional deverá envolver também, em uma próxima etapa, o cadastramento de geossítios a serem levantados durante o mapeamento geológico que a CPRM realiza, de forma sistemática, em diversas áreas do país.

Para permitir a alimentação de um banco de dados, a CPRM desenvolveu um aplicativo *web* para o Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade, denominado GEOSSIT (Lima et al., 2012). Ferramenta de livre consulta destinada ao inventário, qualificação e avaliação quantitativa de geossitios e de sítios da geodiversidade em nível nacional e também em áreas de projetos de geoparques. Originalmente foi estruturada segundo as metodologias de Brilha (2005) e Garcia-Cortés & Urquí (2009), posteriormente, o aplicativo passou a adotar a metodologia e conceitos de Brilha (2015), com adaptações, o que tornou necessário modificar os critérios de avaliação quantitativa, apresentados em tabelas de valor científico, potencial uso educativo e turístico e risco de degradação. O aplicativo encontra-se acessível no site da CPRM (www.cprm.gov.br/geossit).

Inventários Estaduais

Considerando que a sistematização do inventário do patrimônio geológico nacional, poderia ser iniciada no âmbito estadual (Lima, 2008; Lima *et al.*, 2010), alguns estados brasileiros têm desenvolvido iniciativas de identificação e caracterização de sítios de interesse geológico de relevância estadual e regional. Estas iniciativas são promovidas, entre outros objetivos, com o intuito de valorizar e divulgar o conhecimento em geociências e estimular o seu aproveitamento geoturístico. Entretanto, a utilização de critérios e metodologias distintas dificul-

ta a integração destes dados a nível nacional, a definição do real valor científico do patrimônio geológico e sua utilização para orientar estratégias concretas de geoconservação no país.

Desde 2013 estão em andamento dois projetos acadêmicos de inventários estaduais, São Paulo (Brilha *et al.*, 2013; Garcia *et al.* 2013) e Rio Grande do Norte (Nascimento e Sousa, 2013), que têm como objetivo o desenvolvimento e aplicação de metodologias sistemáticas para realizar a identificação e caracterização do patrimônio geológico de relevância científica estadual, como forma de servir de base para um futuro inventário nacional, bem como servir de orientação às instituições estaduais e federais que têm responsabilidades na conservação e gestão do patrimônio geológico.

Outras Iniciativas Relativas ao Patrimônio Geológico

Estratégias de Geoconservação em Geossítios

Embora não exista ainda um inventário sistemático do patrimônio geológico brasileiro, algumas ações específicas já foram desenvolvidas em alguns geossítios. Estas iniciativas são, habitualmente, desenvolvidas com carácter pontual, por parte de órgãos de governo estadual e/ou municipal, em resultado de alguma pressão exercida por parte de especialistas, normalmente pertencentes à comunidade acadêmica. Apesar destes geossítios não contemplarem todas as etapas de uma estratégia de geoconservação, são exemplos que merecem destaque e que podem servir de estímulo para futuras iniciativas em outras regiões do país. Alguns destes geossítios possuem proteção legal, a nível municipal ou estadual, equipamentos de valorização como painéis interpretativos, áreas de estacionamento, controle de visitantes e serviço de guias. Sem pretender ser exaustivo, referem-se os seguintes geossítios a título de exemplo:

- Monumento Natural Vale dos Dinossauros, Sousa-Paraíba (Decreto Estadual nº 23.832, de 27 de dezembro de 2002; Cadastro SIGEP 026);
- Monumento Natural das Árvores Fossilizadas, Filadélfia-Tocantins (Lei nº 1.179, de 04 de outubro de 2000; Cadastro SIGEP 104);
- Monumento Natural de Peirópolis, Uberaba-Minas Gerais (Lei nº 10339, de 17 de Março de 2008; Cadastro SIGEP 028);
- Monumento Natural Sítio Cana Brava, Santana do Cariri-Ceará (Decreto Estadual nº 28.506, de 01 de dezembro de 2006);

- Parque Municipal Floresta Fóssil, Teresina-Piauí (Decreto nº 7.444, de 31 de outubro de 2007; Tombamento Federal IPHAN, Processo 1510/2003);
- Parque Rocha Moutonnée, Salto-São Paulo (Tombamento Estadual, Inscrição Tombo nº 25, p. 308 de 24/06/1993, Processo: 00506/75; Cadastro SIGEP 021);
- Parque do Varvito, Itu-São Paulo; (Tombamento Estadual, Inscrição Tombo nº 1, p. 4 de 21/03/1974, Processo: 09884/69; Cadastro SIGEP 062);
- Sítio Geológico - Estrias Glaciais de Witmarsum, Palmeira-Paraná (Tombamento Estadual, Inscrição Tombo nº 25-I, Processo nº 03/2003);
- Icnofósseis Devonianos de São Luiz do Purunã, Balsa Nova-Paraná (Tombamento Estadual, Inscrição Tombo nº 26-I, Processo nº 07/2011);
- Entre outros.

Os geossítios que foram sujeitos a algumas ações de geoconservação acabam por constituir-se polos de atração turística e de apoio educativo, trazendo vantagens para os municípios onde se integram.

Salientam-se ainda o uso de procedimentos administrativos desenvolvidos em nível nacional pelo Ministério Público Federal (Meio Ambiente e Patrimônio Cultural), por meio da Procuradoria da República, com o objetivo de salvaguardar os geossítios e assegurar a sua proteção (Silva Filho e Queiroz, 2013).

Projetos de Divulgação de Locais de Interesse Geológico

Existe no Brasil, desde 2001, um conjunto de iniciativas que têm como objetivo principal a divulgação de locais de interesse geológico (Nascimento, 2010). O projeto "Caminhos Geológicos do Estado do Rio de Janeiro", implementado pelo Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ) foi uma iniciativa pioneira que teve, como consequência, a sua multiplicação por outros estados. Esta iniciativa consiste em interpretar e divulgar locais de interesse geológico, em uma linguagem simplificada para os cidadãos comuns, por meio da implantação de painéis, que acabam também por promover o desenvolvimento turístico local. Até setembro de 2014, haviam sido implantados 105 painéis em 31 municípios do Estado do Rio de Janeiro.

Como referido, quatro outros estados também estão promovendo o levantamento dos seus locais de interesse geológico com vista à sua valorização e divulgação como atrativos geoturísticos: i) Paraná, por intermédio da MINEROPAR (Serviço Geológico do Paraná), tendo iniciado em 2003 o Projeto Sítios Geológi-

cos e Paleontológicos, contando hoje com 42 painéis; ii) Bahia, através do Projeto Caminhos Geológicos, também iniciado em 2003, tendo instalado 5 painéis; iii) Rio Grande do Norte, por meio do Projeto Monumentos Geológicos, por intermédio do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA/RN) em parceria com a PETROBRAS e CPRM, tendo já instalado 16 painéis; e iv) São Paulo, por meio do Projeto Monumentos Geológicos, através do Instituto Geológico do Governo do Estado, com a implantação do primeiro painel.

De acordo com Mansur *et al*. (2013), estes exemplos demonstram que existe um amplo espaço para o desenvolvimento de projetos de geoturismo e divulgação do patrimônio geológico à sociedade, espaço este que vem sendo ocupado pelos serviços geológicos e entidades afins de âmbito estadual, onde a implantação de painéis interpretativos tem sido um dos principais instrumentos utilizados.

Iniciativas promovidas pela Comunidade Acadêmica

A comunidade geocientífica brasileira tem vindo a incorporar a geoconservação nas suas estratégias educativas e de pesquisa. Atualmente, existem núcleos de pesquisa dedicados à temática da geoconservação (*lato sensu*) em universidades dispersas pelo país, como por exemplo, Universidade Federal do Paraná, Universidade de São Paulo, Universidade Estadual de Feira de Santana, Universidade Federal de Santa Maria, Universidade Federal de Pernambuco. Estes núcleos desenvolvem projetos de pesquisa, habitualmente relacionados com programas de pós-graduação. Isto significa que a produção de dissertações de mestrado e de teses de doutorado dedicadas a estes temas, tem vindo a aumentar significativamente nos últimos 5 anos.

O envolvimento da comunidade acadêmica manifesta-se também pela existência de inúmeros eventos científicos dedicados à temática. Estes eventos são realidade no Brasil desde 2004, quando, pela primeira vez, o tema patrimônio geológico foi abordado no 42o Congresso Brasileiro de Geologia (CBG), realizado em Araxá/MG (Nascimento *et al*., 2014). Desde então, o tema foi consolidado na programação do CBG, possibilitando um espaço para publicações relacionadas com geodiversidade, patrimônio geológico, geoconservação, geoturismo e geoparques. Nestes congressos, o número de publicações vem progressivamente aumentando (tabela 1), fato este que reflete o aumento das pesquisas nesta área.

Nos últimos anos, os simpósios regionais de geologia, principalmente, Nordeste, Sudeste e Amazônia, também instituíram sessões temáticas abordando o patrimônio geológico. Além de eventos na área da geologia, têm sido realizadas apresentações sobre este tema em eventos de outros domínios científicos como:

Tabela 1 – Evolução do número de apresentações sobre geoconservação (lato sensu) nas últimas 6 edições do Congresso Brasileiro de Geologia.

ANO	CGB	CIDADE	Nº DE TRABALHOS APRESENTADOS
2004	42º	Araxá/MG	48
2006	43º	Aracaju/SE	41
2008	44º	Curitiba/PR	59
2010	45º	Belém/PA	68
2012	46º	Santos/SP	115
2014	47º	Salvador/BA	126

geografia física, paleontologia, geomorfologia, turismo, ecoturismo, educação ambiental, entre outros.

O considerável crescimento do interesse da comunidade acadêmica na discussão sobre patrimônio geológico deu origem à criação, em 2011, do Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico (SBPG). O 1o SBPG ocorreu na cidade do Rio de Janeiro, juntamente com o 2o Congresso Latino-americano e do Caribe de Iniciativas em Geoturismo, contando com 186 inscritos (Argentina, Brasil, Cuba, Equador, Espanha, Itália, Portugal, Uruguai e Venezuela), a organização de 4 mesas redondas e a apresentação de 100 trabalhos. A 2a edição do SBPG ocorreu em Ouro Preto/Minas Gerais, em 2013, com cerca de 270 participantes (Brasil, Chile, Peru, Portugal e Eslovênia) que apresentaram 170 trabalhos. Em 2015 ocorreu a 3a edição do SBPG, em Lençóis/Bahia, com cerca de 300 participantes (Brasil, Cuba, Portugal), contando com 144 trabalhos publicados.

A capacitação tem sido outra atividade promovida no Brasil, a exemplo dos cursos realizados pelas universidades Estadual de Feira de Santana, Federal de Santa Catarina, Federal do Paraná, Federal da Paraíba, Federal do Oeste do Pará, Federal do Rio Grande do Norte, Federal de Pernambuco e Universidade de São Paulo. Estas iniciativas têm possibilitado a disseminação de conceitos acerca do tema patrimônio geológico a um grande número de alunos de diferentes áreas do

conhecimento como geologia, geografia, ecologia, arqueologia, turismo, biologia, engenharia ambiental, engenharia florestal, entre outras, favorecendo a ampliação da discussão do tema a nível nacional. É importante salientar que alguns destes cursos tiveram como público geólogos da CPRM e DNPM, o que revela o interesse destas instituições em promover o conhecimento entre os seus técnicos.

Revistas e periódicos nacionais, do domínio das geociências e de áreas afins, vêm publicando artigos nestas temáticas. Edições especiais dedicadas ao patrimônio geológico foram lançadas em diversas publicações como a Revista Global Tourism (2007), a Revista Pesquisa em Turismo e Paisagens Cársticas (2009), a Revista de Geologia da USP (2009), o Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ (2012), a *Tourism and Karst Areas* (2013) e o Boletim Paranaense de Geociências da UFPR (2013). Pesquisadores brasileiros publicam cada vez mais trabalhos sobre o patrimônio geológico nacional em revistas e periódicos internacionais, com destaque para a revista *Geoheritage*, especializada na temática.

Para além da publicação de artigos em revistas e da apresentação de comunicações em congressos, a comunidade científica do Brasil tem vindo também a publicar livros sobre patrimônio geológico (*lato sensu*). Estas publicações são editadas por diversos organismos como a CPRM, serviços geológicos estaduais, Sociedade Brasileira de Geologia, universidades federais e estaduais e suas agências de fomento à pesquisa e órgãos governamentais.

Finalmente, a internet tem sido amplamente usada no Brasil para promover o patrimônio geológico por meio da existência de grupos de discussão, páginas diversas, redes social e blogs.

Geoparques

Geoparque é um conceito contemporâneo e inovador de desenvolvimento territorial, fundamentado na ocorrência de patrimônio geológico em conexão com os outros aspectos do patrimônio natural e cultural da região, que possibilitam o estabelecimento de estratégias de conservação, educação e promoção do turismo sustentável. Estes territórios devem ser constituídos com o forte envolvimento da sociedade, o compromisso dos gestores públicos e a colaboração dos empreendedores locais, construindo oportunidades de melhoria das condições de vida das populações que habitam no seu interior.

Integrados em uma rede de cooperação, os geoparques são encorajados a desenvolver variadas formas de colaboração, especialmente nos campos da ciência, educação, gestão, turismo, desenvolvimento sustentável e planejamento regional entre os membros.

O conceito de geoparque surgiu no ano 2000 na Europa e, a partir de 2004, foi fortemente promovido a nível mundial pela Rede Global de Geoparques (GGN, da sigla em inglês de Global Geoparks Network), sob os auspícios da UNESCO. No final do ano de 2015, os geoparques alcançaram seu maior reconhecimento por meio da oficialização na UNESCO do Programa Internacional Geociências e Geoparques, expressando o reconhecimento governamental da importância da gestão dos sítios de interesse geológico, como forma de contribuir com o objetivo holístico do desenvolvimento sustentável.

Com apenas 12 anos de resultados, 120 geoparques encontram-se implementados em 33 países, ampliando cada vez mais o interesse de outros territórios em participar. Até o presente momento, existem dois geoparques na América Latina e apenas um no Brasil, fato este que cria uma excelente oportunidade a outras propostas bem estruturadas de receberem o mesmo reconhecimento e promoção internacional.

Em 2006, o *Geopark* Araripe foi o primeiro geoparque das Américas e do hemisfério sul a ser reconhecido internacionalmente. A partir da iniciativa do Governo do Estado do Ceará e da Universidade Regional do Cariri – URCA, o Geopark Araripe foi instituído com um território de 3796 km2, envolvendo seis municípios do estado do Ceará, na região nordeste do Brasil. Localizado em uma região de excepcional valor geológico e paleontológico que permite uma ampla compreensão sobre a história e a evolução do planeta e da vida, compreende registros do período Cretáceo mundialmente conhecidos pelos fósseis de excepcional estado de preservação e enorme diversidade paleobiológica.

A gestão deste patrimônio geológico, em sinergia com os patrimônios ecológico e histórico-cultural, integrantes da identidade do território do Geopark Araripe, têm possibilitado, ao longo dos últimos 10 anos: *i)* proporcionar à população local e aos visitantes, oportunidades de conhecer e compreender os diversos contextos científicos, os ecossistemas da região e a rica diversidade histórico-cultural; *ii)* fomentar pesquisas científicas, ações educativas e a cooperação entre os atores locais nas estratégias de conservação da natureza na região; *iii)* incentivar a criação de atividades econômicas, em particular de caráter turístico, com o forte envolvimento das comunidades e instituições locais; e *iv)* promover o compromisso entre empreendedores locais e os poderes públicos municipal, estadual e federal, de forma a garantir um contínuo desenvolvimento socioeconômico da região, de modo cultural e ambientalmente sustentável.

Esta nova estratégia de desenvolvimento territorial suportada no patrimônio geológico vem sendo buscada por diversas outras regiões no Brasil, os geoparques aspirantes, grande parte destes fomentados pelo Projeto Geoparques da CPRM e

apoiados por universidades federais e estaduais. Os geoparques aspirantes são territórios que vêm desenvolvendo ações com o intuito de implementar um geoparque de acordo com as orientações e critérios preconizados pela GGN e UNESCO. No Brasil, os geoparques aspirantes encontram-se em distintos estágios de desenvolvimento no processo de construção e implementação das ações fundamentais para o estabelecimento e reconhecimento dos seus projetos a nível mundial.

Conclusões e Perspectivas Futuras

O desafio para a conservação do patrimônio natural no Brasil assenta na compatibilização do desenvolvimento socioeconômico do país com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico e natural.

A conservação do patrimônio geológico brasileiro está fortemente relacionada com o conhecimento da sociedade sobre sua real importância científica, educativa e histórico-cultural, bem como o estabelecimento de políticas públicas e mecanismos legais específicos para evitar que as ações antrópicas destruam elementos deste patrimônio de expressivo valor para a história geológica da Terra e que não pode ser recuperado.

O Brasil iniciou as suas iniciativas ligadas à geoconservação no final da década de 90 do século XX, instituindo a Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos – SIGEP, com o objetivo de identificar e divulgar sítios de interesse geológico. No início do século XXI, as iniciativas direcionaram-se para a divulgação de locais de interesse geológico, através da instalação de painéis interpretativos em diversos estados brasileiros. A comunidade científica envolveu-se na organização de cursos específicos na temática, organização de congressos, fomento à pesquisa, entre outras ações. Estas iniciativas possibilitaram um primeiro avanço com relação à pesquisa e divulgação das geociências para públicos especializados e sociedade em geral. Todavia, a geoconservação no Brasil é ainda incipiente quanto ao inventário sistemático de geossítios e à sua conservação e gestão.

Passados mais de quinze anos de ações direcionadas ao patrimônio geológico, o país ainda está distante de uma situação ideal que permita efetivar o compromisso de conservar e gerir o patrimônio geológico nacional. A implementação de ações diretas que garantam a conservação do patrimônio geológico ainda são pouco frequentes, quer pela insuficiência das políticas públicas, quer pelo desconhecimento da sociedade, inclusive da comunidade geocientífica e do poder público. Tal condição parece estar associada à carência de uma estratégia

nacional de conservação do patrimônio geológico que integre todas estas ações, num âmbito institucional, e ao estabelecimento de bases legais que garantam a conservação deste patrimônio.

Apesar de o Brasil apresentar na sua legislação ambiental diversos recursos para a preservação do patrimônio natural e cultural, que incluem elementos do patrimônio geológico, estes mecanismos jurídicos e administrativos ainda são pouco utilizados e pouco reconhecidos pelo poder público como estratégia eficaz na proteção de patrimônio geológico. A coleta ilegal de amostras e o consequente contrabando de fósseis brasileiros é um exemplo que demonstra claramente como há ainda muito por fazer na aplicação das leis e na necessária fiscalização por parte das autoridades.

Para que a geoconservação possa progredir no Brasil, alguns caminhos necessitam ser estabelecidos e priorizados, começando pela conscientização da comunidade geocientífica brasileira sobre esta nova área das geociências, já reconhecida internacionalmente. Esclarecer a importância e a urgência em desenvolver estratégias que permitam conhecer e conservar os geossítios que compõem o patrimônio geológico do Brasil e que apresentam papel fundamental para a continuidade das pesquisas geológicas, promoção da educação, formação de novos geólogos e, quando possível, o desenvolvimento do seu uso sustentável.

Apesar de todo o avanço na divulgação, sensibilização e pesquisa desta temática no Brasil, o reconhecimento e a colaboração da comunidade científica no estabelecimento desta nova área das geociências ainda pode ser reforçado. O meio acadêmico, de forma geral, ainda desconhece os conceitos e estratégias envolvidas na identificação, avaliação e conservação do patrimônio geológico, apesar do seu envolvimento ser essencial para o progresso da geoconservação e sua aproximação à sociedade. Esta atitude poderá facilitar e abrir caminhos para a sensibilização do poder público sobre a importância da integração das estratégias de conservação do patrimônio geológico nas políticas nacionais de conservação da natureza e planejamento territorial.

A SIGEP representa, nos últimos quinze anos, a principal iniciativa no movimento de identificação do patrimônio geológico nacional. No entanto, é imprescindível a institucionalização das suas atividades, bem como a revisão dos procedimentos para a concretização do inventário nacional do patrimônio geológico de valor científico. O inventário sistemático do patrimônio geológico brasileiro é fundamental para o desenvolvimento das ações sequenciais de uma estratégia de conservação do patrimônio geológico. É a partir do inventário nacional que será possível identificar os elementos representativos da geodiversidade dignos de proteção. Além de inventariar o patrimônio geológico nacional, será necessário que

esta instituição desenvolva uma estratégia nacional de geoconservação, apoiada pela comunidade científica, o que seria o reconhecimento do governo brasileiro em assumir a responsabilidade de proteger o patrimônio geológico nacional.

À semelhança do que acontece em outros países, é essencial que o Brasil avance com a integração da geoconservação nas estratégias de conservação da natureza, levando em conta o valor intrínseco e científico do patrimônio geológico, fundamental para o almejado equilíbrio ecológico e ambiental. De uma forma geral, as UC têm obtido bons resultados na conservação da biodiversidade, entretanto ainda é necessário que trabalhem numa visão mais holística da natureza, implementando ações específicas para a conservação, valorização, divulgação e monitoramento do patrimônio geológico. A sensibilização do ICMBio é fundamental para que ações e estratégias a nível nacional sejam desenvolvidas, inclusive visando facilitar a criação de UC que priorizem a gestão dos elementos abióticos notáveis da natureza.

Dada a relevância que a indústria mineradora detém no Brasil, seria desejável que fossem construídas pontes de entendimento entre os industriais e os geoconservacionistas brasileiros. A indústria da mineração pode ser forte aliada no resgate de patrimônio paleontológico e mineralógico, além de proporcionar a observação de elementos da geodiversidade nas frentes de exploração que outrora não eram visíveis. Existem já diversas experiências implantadas em certos países que mostram que é possível compatibilizar a exploração de recursos geológicos com a gestão de geossítios. O Brasil tem condições para que se torne, num futuro próximo, um exemplo desta compatibilização à escala internacional.

Finalmente, com relação às estratégias de criação e implementação de projetos de geoparques no território nacional, segundo as orientações da UNESCO, é fundamental o estabelecimento de uma estrutura que dê o apoio governamental e institucional necessário para estabelecer um programa nacional de geoparques, assim como forneça suporte técnico às regiões candidatas.

Em comparação com muitos outros países, a geoconservação no Brasil iniciou-se tarde, mas tem vindo a registar um aumento de notoriedade em diversos setores da sociedade. Obviamente que ainda há um longo caminho a percorrer até que o Brasil tenha uma estratégia nacional bem fundamentada e implementada, mas certamente que os primeiros passos já foram dados. O futuro parece ser promissor para a geoconservação no Brasil!

Referências

Brasil (1937), Decreto Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional.

Brasil (1942), Decreto Lei nº 4.146, de 04 de março de 1942, Dispõe sobre a proteção de depósitos fossilíferos.

Brasil (1988), *Constituição da República Federativa do Brasil*, Brasília.

Brasil (1990), Decreto Federal nº 99.556, de 10 de outubro de 1990, Dispõe sobre a proteção de cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional e dá outras providências, Brasília, 2 pp.

Brasil (1991), Lei nº 8.176, de 08 de fevereiro de 1991, Define crimes contra a ordem econômica e cria o Sistema de Estoques de Combustíveis.

Brasil (1998), Lei nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998, Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências.

Brasil (2000), Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da *Constituição Federal*, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

Brasil (2002), Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências.

Brasil (2004), Resolução CONAMA nº 347, de 10 de setembro de 2004, Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico, Brasília.

Brasil (2008), Decreto Federal nº 6.640, de 07 de novembro de 2008, Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, Brasília.

Brasil (2009), Decreto nº 6.848, de 14 de maio de 2009, Altera e acrescenta dispositivos ao Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, para regulamentar a compensação ambiental.

Brasil (2009), Decreto nº 6.848, de 14 de maio de 2009, Altera e acrescenta dispositivos ao Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, para regulamentar a compensação ambiental.

Brasil (2012), Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências.

Brasil (1937), Lei nº 12.727, de 17 de outurbo de 2012, Altera o Código Florestal.

Brilha, J. (2005), *Património Geológico e Geoconservação*, A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica, Palimage Editores, Braga, 190 pp.

Brilha, J., M. G. Garcia, F. F. Lima (2013), Inventário do patrimônio geológico do Estado de São Paulo: objetivos e metodologia, *Anais do II Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico*, Ouro Preto, 1 p.

Brilha, J. (2015), Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review, *Geoheritage*, DOI:10.1007/s12371-014-0139-3.

García-Cortés, A., L. Urquí (2009), *Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG)*. Versión 11, 12-03-2009. Instituto Geológico y Minero de España. [http://ww.wigme.es/internet./patrimônio: 23/03/2009].

Garcia M.G., J. Brilha J., F. F. Lima, J. Vargas, A. Aguilar, C. Bourotte, J. C. Castro, E. A. del Lama, W. Duleba, F. M. Faleiros, L. A. Fernandes, L. Martins, N. Morales, C. R. Passarelli, M. I. B. Raposo, F. Ricardi-Branco, W. Sallun, J. P. Sanchéz, M. C. M. Toledo (2013), Inventário do patrimônio geológico do Estado de São Paulo: categorias geológicas temáticas, *Anais do II Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico*, Ouro Preto, 1 p.

Governo do Estado do Ceará (2006), Decreto Estadual nº 28.506, de 01 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a criação das unidades de conservação de proteção integral dos Monumentos Naturais denominados Sítios Geológicos e Paleontológicos do Cariri, e dá outras providências.

Governo do Estado da Paraíba (2002), Decreto Estadual nº 23.832, de 27 de dezembro de 2002, Cria o Monumento Natural Vale dos Dinossauros e dá outras providências

Governo do Estado de Tocantins (2000), Lei Estadual nº 1.179, de 04 de outubro de 2000, Cria, na área que especifica o Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins.

Governo Municipal de Teresina/PI (2007), Decreto nº 7.444, de 31 de outubro de 2007, Detalha o memorial descritivo da área pertencente ao Parque Ambiental Floresta Fóssil localizada na margem esquerda do Rio Poty.

Governo Municipal de Uberaba/MG (2008), Lei nº 10339, de 17 de Março de 2008, Transforma a APE (Área de Proteção Especial) Peirópolis em Monumento Natural e dá outras providências.

IBAMA (1990), Portaria nº 887, de 15 de junho de 1990, Determina a realização de diagnóstico da situação do patrimônio espeleológico nacional e dá outras providências. Brasília, 2 pp.

IPHAN (2009), Portaria nº 127, de 30 de abril de 2009, Estabelece a chancela da Paisagem Cultural Brasileira.

Liccardo, A., G. F. Piekarz, E. Salamuni (2008), *Geoturismo em Curitiba*, MINEROPAR, Curitiba, 122 pp.

Lima, F. F. (2008), Proposta Metodológica para a Inventariação do Patrimônio Geológico Brasileiro, dissertação (mestrado), Universidade do Minho, Braga, Portugal, 90 pp.

Lima, E. R., A. J. D. Rocha, C. Schobbenhaus (2009), *GEOSSIT*: uma ferramenta para o inventário de geossítios, in: Congresso Brasileiro de Geologia, 46, 2012, Santos, *Anais*..., Santos, SBG.

Lima, F. F., J. B. R. Brilha, E. Salamuni (2010), Inventorying geological heritage in large territories: a methodological proposal applied to Brazil, *Geoheritage*, DOI 10.1007/s12371-010-0014-9.

Mansur, K. L., A. J. D. Rocha, A. Pereira, C. Schobbenhaus, E. Salamuni, F. C. Erthal, G. Piekarz, M. Winge, M. A. L. Nascimento, R. R. Ribeiro (2013), Iniciativas institucionais de valorização do patrimônio geológico do Brasil, *Boletim Paranaense de Geociências*, vol. 70, pp. 2-27.

Ministério do Meio Ambiente (2009), *Instrução Normativa nº 2, de 20 de agosto de 2009*, Estabelece metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas.

Moreira, J. C. (2011), *Geoturismo e Interpretação Ambiental*, Editora UEPG, 157 pp.

Nascimento, M. A. L., Ú. A. Ruchkys, V. Mantesso (2008), *Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: trinômio importante para proteção do patrimônio geológico*. Sociedade Brasileira de Geologia, 82 Pp.

Nascimento, M. A. L. (2010), Diferentes ações a favor do patrimônio geológico brasileiro, *Estudos Geológicos*, vol. 20, núm. 2, pp. 81-92.

Nascimento, M. A. L., O. J. Santos (2013), *Geodiversidade na Arte Rupestre no Seridó Potiguar,* IPHAN/RN, Natal, 1a ed., 62 pp.

Nascimento, M. A. L., D. C. Sousa (2013), Projeto Patrimônio Geológico do Estado do Rio Grande do Norte: uma estratégia de geoconservação com base na identificação e caracterização de geossítios, in Simpósio de Geologia do Nordeste, 25º, Gravatá, pp. 57-57, em CD-Rom.

Nascimento, M. A. L., V. Mantesso-Neto, K. L. Mansur (2014), Dez anos de discussões sobre patrimônio geológico em congressos brasileiro de geologia, In*:* Congresso Brasileiro de Geologia, 46o, Salvador, pp. 526-526, em CD-Rom.

Piekarz, G. F. (2011), *Geoturismo no Karst*, Mineropar, Curitiba, 121 pp.

Schobbenhaus, C., D. A. Campos, E. T. Queiroz, M. Winge, M. L. Berbert-Born (ed.), (2002), *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*, DNPM, CPRM, SIGEP, Brasília, 540 pp.

Schobbenhaus, C. C. R. Silva (org.; 2012), *Geoparques do Brasil - Propostas*. Serviço Geológico do Brasil-CPRM, v. 1, 745 pp.

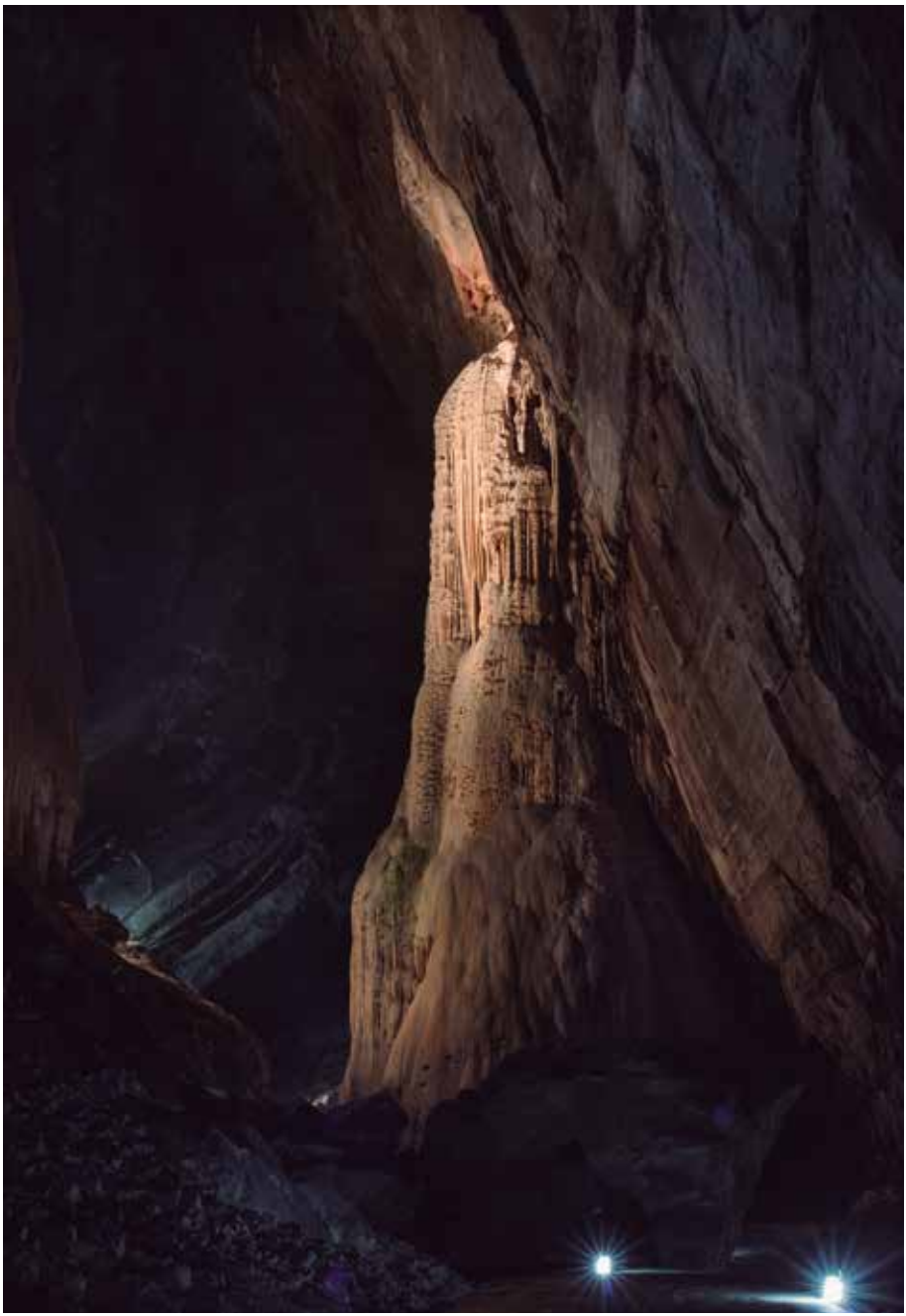
Schobbenhaus, C., A. J. D. Rocha, M. Winge, E. Lima (2015), Inventário de Sítios do Patrimônio Geológico do Brasil. III GeoBRheritage - Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico, Lençóis, Chapada Diamantina/Bahia, PP. 468-471, em CD-Rom.

Silva, C. R. (2008), Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 264p + CD-Rom.

Silva Filho, V. C., M. L. Queiroz (2013), Laudo Técnico N0 020/2013 - 4aCCR. Ministério Público Federal, 4ª Câmara de Coordenação e Revisão/Meio Ambiente e Patrimônio Cultural, Brasília.

Winge, M., C. Schobbenhaus, C. R. G. Souza, A. C. S. Fernandes, M. L. Berbert-Born, E. T. Queiroz, D. A. Campos (eds.; 2009), *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*, CPRM, Brasília v. 2, 515 pp.

Winge, M., C. Schobbenhaus, C. R. G. Souza, A. C. S. Fernandes, M. L. Berbert-Born, W. Sallun Filho, E. T. Queiroz (ed.; 2013), *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*, CPRM, Brasília, v. 3.



Chile

F. A. Mourgues
Terra Ignota - Patrimonio y Geociencias

K. Contreras
Terra Ignota - Patrimonio y Geociencias

M. E. Schilling
Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

J. Benado
Fundación Centro de Estudios de Montaña-CEM

D. Partarrieu
Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

Introducción

La rica geodiversidad de Chile es el resultado de una compleja combinación de procesos naturales donde destacan la formación de la cordillera de los Andes en un margen convergente de placas tectónicas, y la interacción de la superficie con la hidrósfera, la atmósfera, la biósfera y la criósfera. Son también importantes los procesos que ocurren en la interfaz del continente con el océano Pacífico en una franja litoral que se extiende por más de 4 200 km con una variación latitudinal de 38°, la que es responsable de un notable gradiente climático. Incrementan esta diversidad los territorios insulares como la isla de Pascua (Rapa Nui) y el archipiélago de Juan Fernández, que corresponden a ambientes geológicos singulares muy diferentes a los del territorio continental.

Como en todas las naciones andinas, la imagen de la montaña y la convivencia con procesos activos tales como sismicidad, volcanismo y remociones en masa, integran nuestro imaginario y definen en parte nuestra identidad. Elemen-

tos y procesos geológicos se reconocen en mitos, hechos históricos y tradiciones. Por ejemplo, asociados a la geodiversidad chilena es posible encontrar valores culturales (por ej., geomitos, sentido de lugar, expresiones artísticas), científicos (por ej., localidades tipo de formaciones geológicas y de especies, biozonas) y económicos (por ej., minería y turismo). Igualmente, se encuentran amenazas reales y potenciales que tienen relación principalmente con el desarrollo de proyectos asociados a actividades productivas, como la generación y transmisión de energía, minería, industria forestal, entre otras. Estos proyectos son frecuentemente evaluados de manera inadecuada en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, normativa legal que considera plazos estrechos y una sub dotación de profesionales especialistas en patrimonio geológico de los organismos sectoriales pertinentes, como son el Consejo de Monumentos Nacionales y el Ministerio del Medio Ambiente.

En Chile, las recomendaciones internacionales en relación con el reconocimiento y conservación del patrimonio geológico (UNESCO, 1972; UICN, 2008, 2012; ProGEO, 2011) han sido atendidas lenta pero progresivamente, aunque de manera aún inorgánica. Desde el año 2000 se han elaborado diversos inventarios y registros de sitios de interés geológico, impulsados principalmente por la Sociedad Geológica de Chile (SGCH), el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), el Instituto Antártico Chileno (INACH), y universidades nacionales. Entre la profusa normativa chilena relativa al patrimonio geológico, existen algunos instrumentos legales que consideran la protección de sitios de relevancia geológica, geomórfológica y/o paleontológica. Consecuentemente, existen varios sitios de interés geocientífico que cuentan con alguna categoría de protección legal, muchos de los cuales han sido propuestos por la propia comunidad, a través de expedientes para declaratorias, con la finalidad de asegurar su conservación. Aun cuando se ha contado tempranamente con estos instrumentos de protección, en la práctica han resultado poco operativos, ya que ninguna dependencia del Estado ha asumido como misión el registro sistemático del patrimonio geológico ni tampoco la gestión para una protección efectiva. Por el contrario, la responsabilidad de conservar la componente abiótica del patrimonio natural está repartida en diversos organismos del Estado. Sin embargo, es relevante señalar que actualmente se encuentra en discusión el proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, los cuales dependerán del Ministerio del Medio Ambiente. Su finalidad es renovar la institucionalidad ambiental para asegurar la conservación del patrimonio natural y el desarrollo sostenible del país. En el proyecto de ley se considera al patrimonio geológico de manera explícita, y representa una excelente

oportunidad para implementar una estrategia nacional de geoconservación que considere los aspectos legales necesarios para asegurar la conservación del patrimonio geológico como parte integral del patrimonio natural.

Los estudios sobre patrimonio geológico en Chile, aunque incipientes, cuentan con numerosos trabajos correspondientes a memorias de título y resúmenes presentados en congresos y simposios, dedicados principalmente al registro e inventario de sitios de interés geológico, los cuales son comúnmente referidos como geositios. Consecuentemente, en el presente trabajo se considera como 'geositio' *sensu lato*, a todos los sitios de geodiversidad destacados y registrados por diferentes autores a lo largo de Chile, ya sea por su valor científico o, alternativamente, por sus valores culturales, estéticos, turísticos y/o educativos. Es relevante señalar que esta consideración difiere de la recomendación de utilizar el término 'geositio' exclusivamente para lugares de valor geocientífico (Brilha, 2015).

En el presente trabajo se analizaron un total de 256 geositios registrados en Chile en relación con los contextos geológicos propuestos, su distribución en el territorio nacional, y estado de protección, vulnerabilidad y uso sustentable. Además, se presentan aquí algunos de los sitios más relevantes por su significación de carácter global o local. El conjunto de fuentes bibliográficas consultado nos permitió realizar el presente análisis del estado de la cuestión del patrimonio geológico en Chile y señalar los principales desafíos y perspectivas con miras a su conservación.

Antecedentes

Una característica común a los países que definieron sus territorios sobre el orógeno activo de Los Andes, es la convivencia de sus habitantes con procesos geológicos recurrentes como remociones en masa, sismos y erupciones volcánicas. Dicha convivencia es permanente y ancestral. La mitología de los mapuche del centro-sur de Chile describe erupciones volcánicas materializadas en el relato del *Pillán* (Petit-Breuil, 2006), así como sismos de subducción y sus consecuentes tsunamis evocados en el mito de *Trentrén vilú* y *Kaikai vilú* (Lenz, 1912; Mourgues, 2011a), dos serpientes que se enfrentan cada cierto tiempo. La cosmovisión mapuche representa en *Kaikai* el peligro que el agua del mar constituye durante la ocurrencia de tsunamis relacionados con grandes terremotos. Asimismo, el aluvión, peligroso y asociado también con el agua, es representado en el *Camahueto*, un animal que crían los brujos y que es considerado hijo de *Kaikai* (Montecinos *et al*., 2003). Dichos procesos geológicos son elementos de la geodiver-

sidad y tienen valor cultural geomitológico (Gray, 2004). Otros elementos de la geodiversidad chilena con un fuerte valor cultural son La Portada de Antofagasta (Figura 1), el Cerro Santa Lucía en el centro de Santiago y La Piedra de la Iglesia en Constitución, Región del Maule, los cuales presentan valores artístico, económico (turismo) y de sentido de lugar. Asimismo, el macizo andino, sus paisajes, elementos morfológicos y materiales geológicos particulares están presentes en nuestra memoria colectiva y ancestral, conformando parte de nuestra identidad. En este sentido, el Ministerio de Minería declaró Piedra Nacional de Chile a dos piedras semipreciosas (el lapislázuli en 1984 y la combarbalita en 1993) explotadas en la Región de Coquimbo desde tiempos prehispánicos, con el fin de incrementar el prestigio y valor de estos materiales en beneficio de todos quienes trabajan en las labores y actividades asociadas a su explotación, manufactura y comercialización. También, es reconocido el impacto que ha tenido la industria minera asociada al cobre en el desarrollo económico del país, en cuyo territorio se encuentran las mayores reservas a nivel mundial. Estos ejemplos presentan valores económico y cultural en el sentido de Gray (2004).

Paralelamente, la geodiversidad chilena refleja la evolución del margen continental activo en que se emplaza el territorio y tiene un valor científico de alcance mundial. Tal es el caso de la ocurrencia de los pórfidos de cobre más grandes

Figura 1. Monumento Natural La Portada de Antofagasta (Fotografía de Amaro Mourgues).

del planeta, los cerca de cien volcanes considerados activos, y los vestigios del mayor sismo registrado a la fecha correspondiente al terremoto de Valdivia de 1960 que alcanzó una magnitud de momento de 9.5 (Mw). Además, existen localidades que registran momentos clave en la historia de la Tierra, localidades tipo de formaciones geológicas y especies paleontológicas y/o biozonas (por ej., Flynn *et al.*, 2003) o que muestran ejemplos singulares de procesos geológicos o geomorfológicos.

La geodiversidad de Chile y sus componentes, por otra parte, presentan también diversas amenazas, por lo general de carácter antrópico, como aquellas derivadas de actividades productivas y turísticas sin regulación, en áreas con elementos geológicos delicados y frágiles. Un ejemplo de amenazas, tanto por expansión inmobiliaria como por actividades recreativas, se reconoce en el caso del geositio Dunas de Concón, Valparaíso. Este sitio fue declarado como Santuario de la Naturaleza por ser un campo de dunas inactivo formado durante la última glaciación, el cual no tiene fuente de alimentación. El área protegida abarcaba inicialmente 45 ha., la cual posteriormente fue reducida a 21.8 ha. permitiendo el desarrollo de proyectos inmobiliarios en los terrenos que quedaron sin protección. Además, en este sitio se realizan actividades recreativas sin regulación, como es el motocross.

La extracción sin plan de manejo de determinadas rocas y minerales o el tráfico ilícito de fósiles, son otras amenazas a la geodiversidad chilena, en el último caso, pudiendo afectar elementos con significación y valor de orden global. Este es el caso de un bloque de huesos petrificados provenientes de la Formación Bahía Inglesa, Atacama, que fue extraído y vendido ilegalmente a un coleccionista alemán y, luego de un periplo de varios años, descrito, bautizado como *Pelagornis chilensis* (Mayr y Rubilar-Rogers, 2010), y más tarde repatriado (Rubilar-Rogers, 2010a). Dicho fósil corresponde a los restos de un ave del Mioceno, similar al albatros, con la mayor envergadura alar que se conozca, y hoy forma parte de la colección de paleontología de vertebrados del Museo Nacional de Historia Natural (Rubilar-Rogers, 2010b).

La geodiversidad de Chile comenzó a ser descrita con mayor detalle a partir de la primera mitad del siglo XIX, inicialmente por geólogos y naturalistas extranjeros tales como Alcides d'Orbigny, Charles Darwin, Claudio Gay e Ignacio Domeyko. Los últimos dos radicaron en Chile y documentaron minerales, fósiles, sedimentos, rocas y paisajes. En el año 1830, Claudio Gay fundó el Museo Nacional de Historia Natural que durante la segunda mitad del siglo XIX fue dirigido por Rudolfo Amando Philippi, quien publicó, entre otras obras, dos volúmenes sobre fósiles de Chile. Sus colecciones son los primeros elementos de

la geodiversidad que hoy consideramos 'patrimonio geológico mueble', el que se encuentra resguardado actualmente en las colecciones del mismo museo (Salazar *et al*., 2014). También es relevante la colección de minerales de Ignacio Domeyko que se encuentra en el museo mineralógico que lleva su nombre, y que es custodiada por la Universidad de la Serena.

En el año 1911 llegó a Chile el geólogo alemán Dr. Hans Brüggen, primero a trabajar para el entonces Ministerio de Industria y Obras Públicas, y luego como profesor en la Universidad de Chile y el Instituto Geográfico Militar. El Dr. Brüggen fue el primero en publicar un trabajo donde recomendaba la protección y puesta en valor de un conjunto de bloques erráticos de granito ubicados en la comuna de Puente Alto, región Metropolitana (Brüggen, 1927). Demandó para ellos la figura de Monumento Nacional considerando su valor como evidencia de procesos glaciales ocurridos en la cuenca de Santiago y dada su vulnerabilidad frente a la instalación de una cantera para explotar la roca como material de construcción. Sin embargo, estos bloques no fueron conservados y no quedaron al alcance del público para aprender de su existencia, pese a que hoy día se considera que no fueron transportados por masas de hielo sino por fenómenos de remoción en masa (Hervé, 2011; Hervé *et al*., 2012). Los anteriores ejemplos reflejan la temprana necesidad de proteger sitios y materiales geológicos que, dados su valor y vulnerabilidad ante amenazas, son importantes de preservar.

Diversos organismos y acuerdos internacionales recomiendan y promueven la valorización y conservación del patrimonio geológico como un elemento constituyente e inseparable del patrimonio natural. Estas son la Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural (UNESCO, 1972), el proyecto *Global Geosites,* que fue respaldado por la Unión Internacional de las Ciencias de la Tierra (IUGS) con el objetivo de reconocer geositios de relevancia global (Wimbledon, *et al*., 2000), y las resoluciones de la UICN (2008, 2012) que promueven la valorización y conservación de la geodiversidad y el patrimonio geológico.

En Chile, estas recomendaciones han sido atendidas progresivamente, aunque de manera inorgánica. Durante las últimas dos décadas, una gran cantidad de sitios de interés para la geoconservación han sido reconocidos a distinta escala, y con diferentes grados y focos de estudio. En 1994, en el marco del convenio de cooperación técnica entre SERNAGEOMIN y el Instituto Federal de Geosciencias y Recursos Naturales de Hannover (BGR), Alemania, se desarrolló un proyecto cuyo objetivo fue la generación de información geoambiental destinada a los organismos gubernamentales y a la comunidad en general. Se dio entonces origen a la actual serie de Geología para el Ordenamiento Territorial del SERNAGEOMIN,

en la que se han recomendado un conjunto de sitios relevantes para la geoconservación y, en el primer volumen, se introdujo el neologismo 'patrimonio geológico' en la literatura geológica chilena (Antinao *et al*., 2000; Pérez *et al*., 2003; Arenas *et al*., 2005; SERNAGEOMIN, 2009). Otros registros corresponden a inventarios de sitios de especial interés geológico en parques nacionales (Fernández, 2007; Martínez, 2010; Mardones, 2012; Urresty, 2011), en otras áreas naturales (Ramírez, 2012; Partarrieu, 2013; Benado, 2013; Rivera, 2014), y en el entorno de un área urbana (Rodríguez, 2013). En el año 2008, la Sociedad Geológica de Chile creó el Grupo de Especialistas en Geopatrimonio el cual desarrolla el Programa de Detección y Establecimiento de Geositios en Chile con el objetivo de sensibilizar a la comunidad acerca del valor del patrimonio geológico así como promover su conservación, investigación y uso racional en turismo y educación (Calderón *et al*., 2009; Hervé *et al*., 2012).

Respecto al patrimonio geológico mueble en Chile, existe un número indeterminado de colecciones de rocas, minerales y fósiles en instituciones como universidades y museos públicos y privados, con muy diferente relevancia ya sea por el número piezas o su curatoría. Las colecciones de los museos de Chile que dependen de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (DIBAM) fueron declaradas Monumento Histórico por un decreto del Ministerio de Educación en 1987. Colecciones de importancia científica fuera del alcance de este decreto, principalmente paleontológicas, se encuentran resguardadas en universidades e instituciones chilenas. Entre las más importantes destacan las siguientes: la colección de invertebrados del SERNAGEOMIN, que contiene principalmente invertebrados mesozoicos además de paleozoicos y cenozoicos (Rubilar *et al*., 2010); la colección de macro invertebrados de la Universidad de Chile (Rubilar y Pérez, 2010) que contiene fósiles recolectados en las memorias de título de geólogo; la colección paleontológica (Flores, 2010) y la palinoteca (Palma-Heldt, 2010) de la Universidad de Concepción; la colección paleontológica de la Universidad Austral de Chile, (Chávez, 2010); las colecciones de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) y del Instituto Antártico Chileno (INACH) que contienen materiales de la Patagonia y Antártica; la colección de minerales, rocas y fósiles del Museo Mineralógico de la Universidad de Atacama; la colección de minerales del Museo Mineralógico Ignacio Domeyko, y la colección de vertebrados marinos procedentes de la Formación Bahía Inglesa del Museo Paleontológico de la Ilustre Municipalidad de Caldera.

Los antecedentes consultados en la presente revisión del patrimonio geológico y su conservación en Chile provienen de un amplio y variado conjunto de documentos de mayor o menor relación con el tema. Dichos documentos corres-

ponden a memorias de título en geología de las universidades de Chile y Concepción (Fernández, 2007; Martínez, 2010; Mardones, 2012; Ramírez, 2012; Partarrieu 2013; Rivera, 2014); comunicaciones y resúmenes ampliados presentados en los simposios de 'Paleontología en Chile' (2008, 2010, 2012, 2014), 'Geopatrimonio en Chile' (2009, 2012), y 'Geoparques y Geoturismo en Chile' (2011); se analizaron además los diferentes cuerpos de la legislación chilena relativos al patrimonio natural; la serie Geología para el Ordenamiento Territorial del SERNAGEOMIN (2000, 2003, 2005, 2009); publicaciones en revistas nacionales y las páginas web de la DIBAM (www.dibam.cl), del INACH (www.inach.cl/geositios/) y de la SGCh (www.sociedadgeologica.cl/geositios/).

Protección legal

Como una de las primeras disposiciones ambientales en la normativa chilena, en 1550, el cabildo de Santiago del Nuevo Extremo instruyó la prohibición de "cortar más leña que aquella que cada día (alguno) pudiere traer a las fundiciones e afinaciones" (Guzmán, 2012). Lo anterior da cuenta del temprano interés de los legisladores por el cuidado y protección del medio ambiente. Sin embargo, no es hasta principios del siglo XX cuando comienza a gestarse con fuerza en nuestro continente, y en Chile, la necesidad de proteger el patrimonio cultural y natural. Uno de los primeros hitos es la creación de la Reserva Forestal de Malleco, ubicada en la Región de la Araucanía, por Decreto Supremo N° 540 de 1907 del Ministerio de Relaciones Exteriores. Posteriormente, tras la V Conferencia Panamericana realizada en Santiago en 1923, cuyos objetivos fueron adoptar resoluciones concretas sobre la preservación del patrimonio en el continente americano, en 1925 se promulgaron en Chile los Decreto de Ley N° 3.500 y N° 651. En el artículo 19° de este último decreto se crea el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) a cargo de la protección de los bienes declarados Monumento Nacional.

Luego de cuatro décadas, entre los años 1967 y 1969, más de la mitad de las declaratorias de monumentos nacionales efectuadas por la autoridad consideraron aspectos geológicos y/o paleontológicos. Así, entre otros, se declararon Monumento Histórico las 'Huellas de animales extinguidos en el lugar denominado Termas del Flaco" (Figura 2), en la Región de O'Higgins (DS N° 4866 de 1967); la Cueva del Milodón (DS N° 138 de 1968) y la Cueva de Pali-Aike (DS N° 5593 de 1969), en Magallanes; y el 'Bosque petrificado y yacimiento de huesos de dinosaurio, ubicados al norte de Pichasca', en Coquimbo (DS N° 7365 de 1969). Estas declaratorias constituyen el preludio de lo que el Estado buscaba en

Figura 2. Monumento Histórico "Huellas de animales extinguidos en el lugar denominado Termas del Flaco" (fotografía: Manuel Schilling).

materia de protección; así, en 1970, cuando se promulga la ley 17.288 de Monumentos Nacionales, en el mensaje presidencial se señaló: "hemos propuesto una nueva ordenación de las diferentes materias objeto de esta legislación y hemos incorporado nuevas responsabilidades que dicen relación con la protección de nuestro patrimonio natural y científico". En su Título V, entre las disposiciones que tratan de los monumentos arqueológicos y excavaciones correspondientes, se incluyeron los hallazgos de carácter paleontológico. El Título VII, en su artículo 31°, define los 'Santuarios de la Naturaleza' (SN) como "todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado". Los sitios mencionados que fueren declarados SN quedarán bajo la custodia del CMN. En ellos no se podrá iniciar trabajos de construcción o excavación sin la autorización previa, ni tampoco desarrollar actividades como pesca, caza, explotación rural o cualquiera otra actividad que pudiera alterar su estado natural. Si estos sitios estuvieren situados en terrenos particulares, sus dueños deberán velar por su debida protección, denunciando ante el Consejo los daños que por causas ajenas a su voluntad se hubieren producido en ellos.

En la actualidad, en Chile existe una profusión de normas que consideran la protección de elementos geológicos, geomorfológicos y/o paleontológicos, entre varios otros de naturaleza biótica o cultural, los cuales generalmente tienen mayor reconocimiento por parte de la comunidad. Además, existen normativas que persiguen objetivos diferentes, como aquellas que buscan la conservación de áreas destinadas a la investigación científica y las que procuran la conservación con fines turísticos. Adicionalmente, los distintos cuerpos normativos son materia de distintas dependencias del Estado. A continuación se presenta la normativa de protección existente que contiene consideraciones geológicas explícitas.

Según la ley 17.288 de 1970, el Ministerio de Educación, a través del CMN, tomó la tuición de los lugares, bienes muebles o inmuebles, que por sus características y/o valores, son reconocidos y quedan bajo la protección del Estado chileno en sus cinco categorías: Monumentos Públicos, Monumentos Históricos, Santuarios de la Naturaleza, Zonas Típicas y los Monumentos Arqueológico y/o Paleontológicos. Las figuras que más se acercan a la definición de un objeto de protección centrado en los aspectos geopatrimoniales *in situ* son los Santuarios de la Naturaleza (Figura 3) y los yacimientos paleontológicos. Algunos de los geositios registrados en el país corresponden a formaciones geológicas singulares

Figura 3. Santuario de la Naturaleza Capilla de Mármol, ubicado cerca de la localidad de Puerto Tranquilo, en las orillas del lago General Carrera, Región de Aysén.

y sitios de relevancia paleontológica que están protegidos bajo las categorías de Santuario de la Naturaleza, Monumento Paleontológico y Monumento Histórico. Acorde con la ley 20.417, a partir del año 2010 los Santuarios de la Naturaleza son establecidos y custodiados por el Ministerio de Medio Ambiente, para lo cual se requiere de un informe del CMN y del pronunciamiento del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

Dependiente del Ministerio de Agricultura, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) otorga dos categorías de protección en las que también se citan explícitamente consideraciones geológicas. Por una parte, el Parque Nacional se entiende como "un área de gran extensión…, y en que las especies de flora y fauna o las formaciones geológicas son de especial interés educativo, científico o recreativo" (Título II, Artículo 5°, Ley Nº 18.362 de 1984). La categoría de Monumento Natural se entiende como "un área generalmente más reducida, caracterizada (…), o por la existencia de sitios geológicos relevantes desde el punto de vista escénico, cultural, educativo o científico" (Título II, Artículo 6°, Ley Nº 18.362 de 1984).

El Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), por su parte, otorga también una figura de protección bajo la cual cabe incluir al patrimonio geológico, y que corresponde a la Zona de Interés Turístico (ZOIT; DFL N°1.224 de 1975). Existen geositios registrados que tienen esta categoría de protección, como aquellos que se encuentran en la comuna de San José de Maipo y en la cuenca geotérmica del Tatio. Entre estos últimos están los famosos Géiseres del Tatio, los cuales sufrieron visibles perjuicios producto del desarrollo de proyectos de explotación de energía geotérmica previo a su protección como ZOIT.

Por otra parte, indirectamente, el Ministerio de Bienes Nacionales tiene tutoría sobre un conjunto de áreas bajo la figura conocida como Bien Nacional Protegido (BNP), la cual resguarda a varios geositios registrados en Chile. Asimismo, el Ministerio de Minería puede declarar una Zona de Interés Histórico o Científico para Efectos Mineros. Esta figura reconoce que ciertas áreas pueden quedar exentas de actividad minera, en el caso de que su conservación por intereses científicos o históricos sea relevante para el Estado (Código de Minería, Ley N° 18.248 de 1983, artículo 17°).

En el año 1994 se publicó la ley N° 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente, lo que introdujo la necesidad de estudios de líneas de base en 'Geología, Geomorfología y Riesgos' así como en 'Paleontología' para todos aquellos proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Cabe mencionar que existen problemas importantes asociados a dicho sistema, como se observa en el caso del geositio Acantilados de Loanco, donde se desarrolla un proyecto de gene-

ración de energía termoeléctrica que fue ingresado y aprobado en este sistema, sin observaciones del Consejo de Monumentos Nacionales, ni estudios de línea de base en la componente de Paleontología. Otro caso afectado negativamente es el geositio 'Huellas de dinosaurio de la quebrada Descubridora', donde se encuentra un depósito de relaves que también fue autorizado por este sistema de gestión ambiental. Estos casos ilustran la incapacidad de los organismos estatales pertinentes para resguardar apropiadamente el patrimonio geológico ante el desarrollo de ciertos proyectos. Esta situación es posiblemente consecuencia de la pobre dotación de estas instituciones que carecen de especialistas en patrimonio geológico, especialmente del Consejo de Monumentos Nacionales y del Ministerio del Medio Ambiente.

A nivel internacional, a través del Ministerio de Relaciones Exteriores, Chile ha reconocido varias convenciones acerca de la protección del patrimonio cultural y natural. Entre ellas, la Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural, suscrita por UNESCO en París en 1972, y que fue ratificada en Chile a través del Decreto N°259 de 1980. La convención sobre importación, exportación y transferencia ilícita de Bienes Culturales (UNESCO, 2003) fue suscrita en 2009 a través del Decreto N° 11. Además, la Convención para la Salvaguarda del Patrimonio Cultural Inmaterial (UNESCO, 2003) fue ratificada por el Estado de Chile con el DS N°11 del 2009. En dicha convención se expresa que los estados deben "promover la educación sobre la protección de los espacios naturales y lugares importantes para la memoria colectiva, cuya existencia es indispensable para que el patrimonio inmaterial pueda expresarse."

Tras el ingreso de Chile a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), formalizado el 2010, se realizaron una serie de recomendaciones respecto de la conservación del patrimonio natural. Con el fin de asegurar la conservación de una muestra representativa de la biodiversidad del país en las áreas que formen parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, se recomendó contar con una entidad dedicada a la protección de la naturaleza constituida al amparo de una ley de protección de la naturaleza completa y única. En este escenario, el 18 de junio de 2014 fue ingresado el proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Cámara de Diputados de Chile (CDCh), 2014). En este proyecto, actualmente en trámite, se definen nueve categorías de áreas protegidas: Reserva de Región Virgen, Parque Marino, Parque Nacional, Monumento Natural, Reserva Marina, Reserva Nacional, Santuario de la Naturaleza, Área Marina y Costera Protegida de Múltiples Usos, y Humedal de Importancia Internacional o Sitio RAMSAR. En dicho documento, la protección del patrimonio de carácter geológico se reconoce para las Reservas de Regiones Vírgenes, Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Santuarios de la Naturaleza. Si bien el

proyecto de ley en discusión no incluye una figura exclusivamente geológica, recoge y sistematiza la normativa existente que se encuentra dispersa en diversos cuerpos legales. En el proyecto se introduce una definición de los objetivos para cada una de las categorías nombradas y reafirma las consideraciones presentes en figuras ya conocidas como son los Monumentos Naturales y los Santuarios de la Naturaleza. Adicionalmente, en el proyecto se indica que el nuevo servicio podrá disponer de los inventarios de glaciares que administra la Dirección General de Aguas, para priorizar la gestión e implementar medidas de conservación sobre glaciares.

Podemos señalar que desde hace años la normativa chilena ha reconocido al patrimonio geológico de manera más o menos directa, en conjunto con otros elementos del patrimonio cultural o biológico. Así, existe una diversidad de normas relacionadas con el patrimonio geológico, con diferente orientación, jerarquía y de competencia de diferentes organismos de la administración pública. El nuevo proyecto de ley viene a sistematizar esta legislación, y aun cuando incorpora de forma explícita el reconocimiento al patrimonio geológico, no subsana el problema del registro de las áreas relevantes para la geoconservación. Esto se debe a que en el proyecto actual no se considera entre las responsabilidades del nuevo Servicio Nacional de Biodiversidad y Áreas Protegidas la realización y mantenimiento de un inventario sistemático de los sitios de interés geológico del país, etapa fundamental para implementar una adecuada estrategia nacional de geoconservación que asegure la protección integral del patrimonio natural (ProGEO, 2011; UICN, 2012).

Estudios existentes relativos al patrimonio geológico

El estudio del patrimonio geológico en Chile es incipiente (por ej., Schilling, 2007), sin embargo, numerosos proyectos y trabajos, de variada envergadura, objetivos y profundidad, reflejan un interés creciente en el tema. En los últimos años se han realizado varios simposios en los que se presentaron trabajos relacionados, en mayor o menor medida, con el patrimonio geológico. También es destacable la incorporación como tema principal en trabajos recientes de memorias de título en carreras de geología y geografía.

En el primer simposio 'Paleontología en Chile' se plantearon algunas propuestas orientadas a fortalecer la protección de las colecciones y sitios paleontológicos del país (Rubilar, 2008) y se introdujo la 'paleontología social' relacionada con la experiencia de transmisión del conocimiento científico a la comunidad en torno a los sitios arqueológicos y paleontológicos Pilauco y Monte Verde, en la Región de Los Lagos (Pino *et al*., 2008). En el primer simposio 'Geopatrimo-

nio en Chile', entre otros, se presentaron el proyecto para crear el primer Geoparque en la Región de La Araucanía ejecutado por SERNAGEOMIN (Schilling, 2009), un inventario de componentes patrimoniales del geositio 'Acantilados de Loanco', Región del Maule (Mourgues *et al.*, 2009), y un conjunto preliminar de 56 localidades relevantes para el registro fósil de este país (Rubilar y Pérez, 2009). En el mismo simposio se manifestó además la necesidad de proteger los meteoritos como materiales remanentes de la formación del sistema solar, considerándolos parte del patrimonio geológico, en tanto contribuyen al estudio de la formación de nuestro planeta (Valenzuela, 2009). En lo que concierne al patrimonio mineralógico, se pusieron en valor piezas mineralógicas del museo Ignacio Domeyko de la Universidad de La Serena, a través del reconocimiento de petzita (Ag_3AuTe_2) y Altaíta (PbTe) en una asociación mineralógica única para la Región de Coquimbo (Canut de Bon *et al.*, 2009). Se dio a conocer además el descubrimiento de zafiros en Chile (Berg y Tidi, 2009) y se señaló la necesidad de considerar la información analítica acumulada en el Laboratorio del SERNAGEOMIN como patrimonio geológico y los desafíos para su conservación (Fonseca *et al.*, 2009).

En el segundo simposio de 'Paleontología en Chile' se presentaron varios resúmenes que reunieron una visión del estado del patrimonio paleontológico mueble, es decir, de las principales colecciones paleontológicas científicas en Chile (Flores, 2010; Rubilar *et al.*, 2010; Rubilar y Pérez, 2010b; Rubilar-Rogers, 2010b) así como una caracterización breve y los desafíos del patrimonio geológico *in situ* (Rubilar, 2010), y una caracterización del registro fósil de la Región del Maule (Mourgues, 2010). En el primer simposio de 'Geoparques y Geoturismo en Chile' se presentaron trabajos relativos a la descripción de la geodiversidad de sitios significativos como el Cerro Santa Lucía/Huelén en el centro de Santiago (Contreras *et al.*, 2011) y el Parque Nacional Nahuelbuta en la Región del Biobío (Vásquez *et al.* 2011).

En posteriores reuniones chilenas en torno al patrimonio geológico fueron planteados, entre otros, los avances y lineamientos en el registro, valoración y gestión del patrimonio paleontológico *in situ* (Rubilar, 2011, 2012); una metodología de registro desarrollada por el programa de Geología para el Ordenamiento Territorial del SERNAGEOMIN aplicada al geositio 'Acantilados de Loanco' (Mourgues, 2011b), y un catastro de "minerales chilenos" como contribución al patrimonio mineralógico (Astudillo, 2012).

El borde costero de la comuna de Caldera y sus componentes geopatrimoniales fueron estudiados a profundidad por Castro *et al.* (2010, 2012, 2014). Dichos autores propusieron un conjunto de nueve geositios y evaluaron su vulne-

rabilidad y relación con el desierto florido. Uno de estos sitios corresponde a un campo excepcional de tafonis, conocido como 'Zoológico de Piedra', el cual fue objeto de estudio en una memoria de título en geología (Ramírez, 2012).

Otro avance notable corresponde a varios inventarios de sitios relevantes para la geoconservación en parques nacionales, otras áreas naturales y en áreas urbanas, las que fueron en su mayoría presentadas como memorias de título por las universidades de Chile y Concepción. Podemos señalar inventarios en los parques nacionales Torres del Paine (Fernández, 2007), Pali Aike (Mardones, 2012) y Bernardo O'Higgins (Urresty, 2011) en la Región de Magallanes, y Conguillío en la Región de La Araucanía (Martínez, 2010). Se suman además otros inventarios realizados en la comuna de Lonquimay, Región de La Araucanía (Partarrieu, 2013), el complejo volcánico Nevados de Chillán, Región del Biobío (Rivera, 2014), en la comuna San José de Maipo (Benado, 2013) y en torno a la ciudad de Santiago (Rodriguez, 2013), en la Región Metropolitana.

El proyecto Global Geosites de la IUGS y la UNESCO considera la definición de contextos geológicos principales para cada país, con la finalidad de realizar la identificación de los sitios de interés geológico de mayor relevancia que sean representativos de cada uno de estos contextos (Wimbledon *et al*., 2000). Considerando esto, Mourgues *et al*. (2012) propusieron de manera preliminar 22 contextos geológicos representativos de los eventos más relevantes de la geología de Chile (Cuadro 1). Esta propuesta fue el resultado de la mesa de trabajo sobre

Cuadro 1. Contextos geológicos chilenos preliminares (modificado de Mourgues *et al*., 2012).

Nº	Código	Contexto geológico
1	MgPz	Magmatismo paleozoico
2	MgMz	Magmatismo mesozoico
3	MgVCz	Magmatismo y volcanismo cenozoico
4	AcMz	Arco volcánico del Mesozoico
5	VNgsQ	Volcanismo Neogeno sup-Cuaternario y campos geotermales
6	IO	Islas y piso oceánicos
7	TCA	Terrenos exóticos y complejos de acreción
8	SSPz	Series sedimentarias del Paleozoico
9	SCMz	Series continentales mesozoicas y sus fósiles
10	SMTrJ	Cuencas marinas del Triásico, Jurásico y Cretácico basal

Cuadro 1. Continúa.

Nº	Código	Contexto geológico
11	SMKi	Cuencas marinas del Cretácico Inferior
12	KsMC	El Cretácico Superior marino de Magallanes y Chile central
13	SCCz	Series continentales cenozoicas y sus fósiles
14	SMCz	Series marinas cenozoicas y sus fósiles
15	AFNgQ	Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario
16	BC	Borde costero
18	PGGl	Procesos, geoformas y depósitos glaciales del centro y sur
17	DA	Desierto de Atacama
19	ACQ	Ambientes continentales del Cuaternario, la megafauna y los primeros habitantes de América
20	CHA	Campos de hielo e inlandsis antártico
21	TEC	Mega estructuras, tectónica andina y neotectónica
22	As	Geoformas por impactos y materiales del sistema solar incorporados a la Tierra

patrimonio geológico del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), y consideró las experiencias desarrolladas en España (García-Cortés *et al*., 2000, 2001) y Portugal (Brilha *et al*., 2005). Este marco general proporciona una base para el análisis de significación global de los diferentes sitios de interés para la geoconservación registrados hasta ahora en Chile.

Selección de sitios y registro

En Chile actualmente no se dispone de un registro e inventario sistemático de sitios de interés geocientífico. Consecuentemente, en el presente análisis del patrimonio geológico chileno *in situ* (inmueble) se consideraron los sitios que han sido registrados en Chile por su relevancia para la geoconservación mediante publicaciones en revistas, congresos, boletines, cartas geológicas, memorias de título y páginas web. Se analizaron un total de 256 sitios recopilados en función de su representatividad de los contextos geológicos chilenos preliminares y su distribución en las regiones del país (Figuras 4, 5 y 6). También se señala la pro-

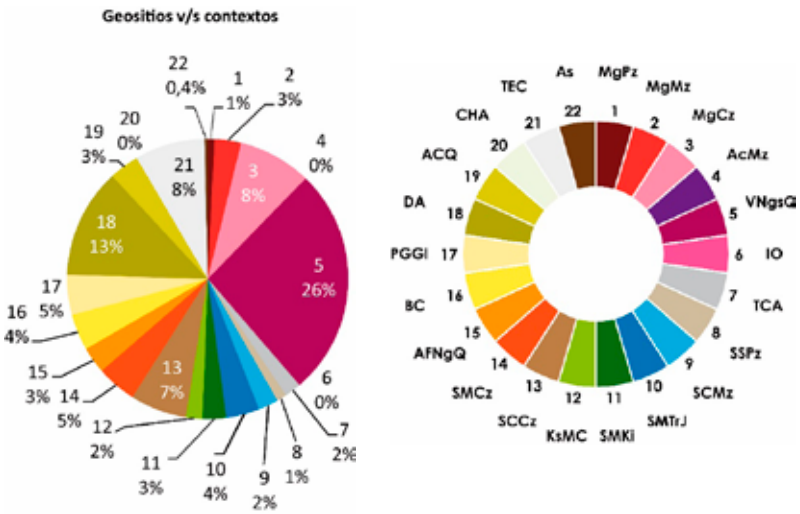


Figura 4. Geositios según los contextos geológicos preliminares propuestos por Mourgues *et al*. (2012) y que se detallan en el Cuadro 1.

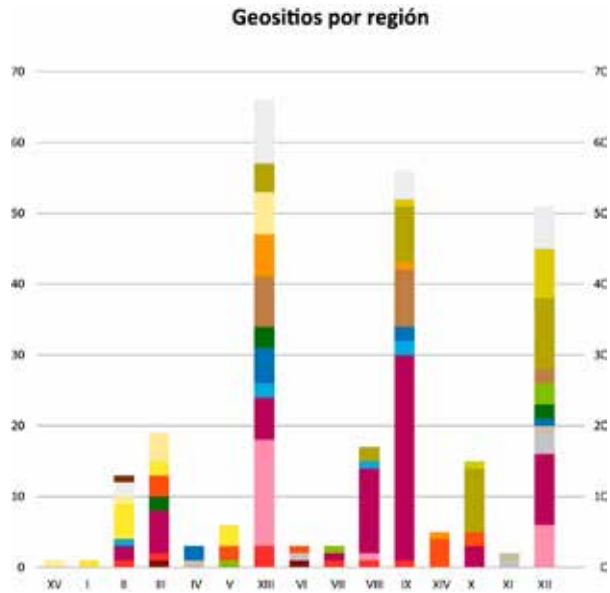


Figura 5. Geositios considerados respecto a las quince regiones administrativas del país (números romanos) según los contextos geológicos (ver Figuras 4 y 6, y Cuadro 1).

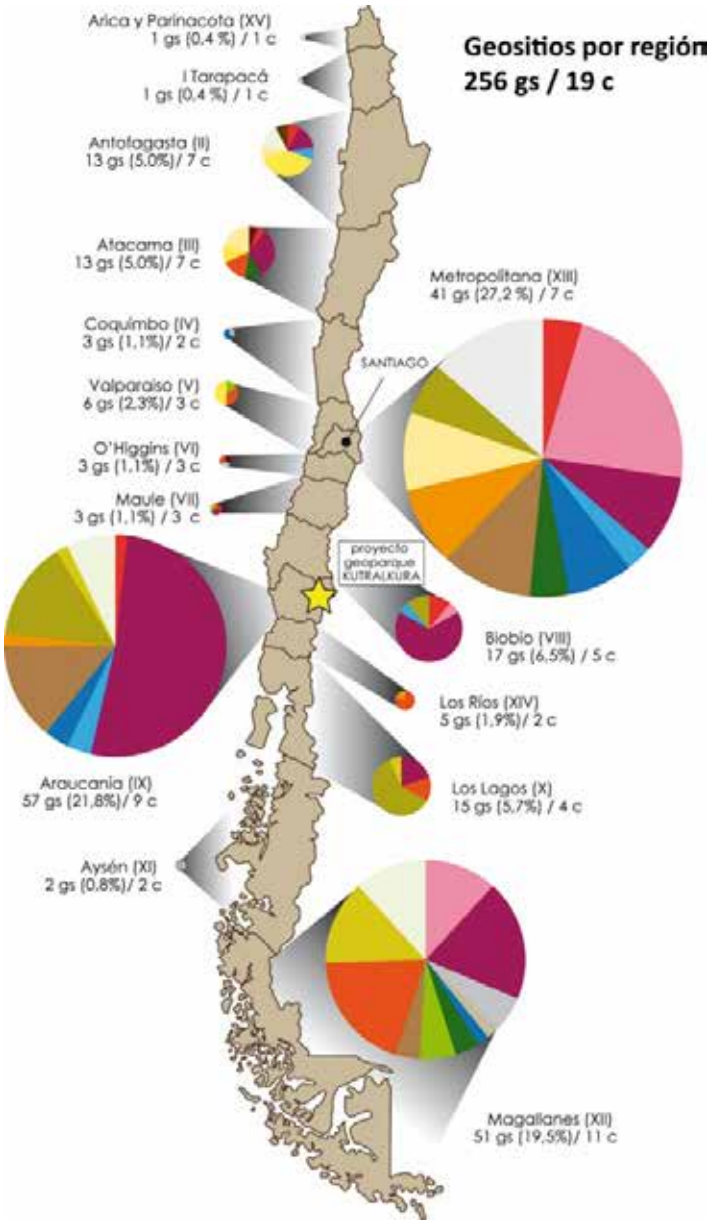


Figura 6. Geositios según región y contextos geológicos (colores y contextos de la Figura 4 y Cuadro 1).

tección efectiva que tienen algunos de los geositios más relevantes de acuerdo con los instrumentos legales disponibles y su aplicabilidad.

Desde el año 2000, en el programa de Geología para el Ordenamiento Territorial del SERNAGEOMIN, se han registrado 29 geositios (8,6%) en las regiones de Los Lagos, Los Ríos, La Araucanía y Antofagasta. Se ha recomendado la protección de estos sitios por su interés como patrimonio geológico, los que representan a nueve contextos geológicos. De estos, ocho son lugares con materiales paleontológicos (protegidos por el sólo ministerio de la ley 17.288) y uno de ellos tiene además declaratoria de Santuario de la Naturaleza (Bosque Fósil de Punta Pelluco, Región de Los Lagos), ya que constituye una evidencia del cambio climático actual, tema de interés global (Antinao *et al*. 2000). Además, otros dos sitios ubicados en la Región de Antofagasta tienen declaratorias de Reserva Nacional (Quebrada La Chimba) y Monumento Natural (La Portada). El primero además es material arqueológico, ya que allí se encuentran los restos de los primeros asentamientos humanos de la región. El geositio La Portada (Figura 1) es un arco labrado por la erosión costera sobre sedimentitas marinas mioceno pliocenas. Esta geoforma comúnmente se encuentra representada en pinturas, artesanías, y logos, y es parte de la identidad de Antofagasta y sus habitantes.

Desde el año 2006 hasta noviembre de 2014 se han registrado 40 geositios (15.6%) en el 'Programa de Detección y Establecimiento de Geositios en Chile' de la SGCh, con representación de 16 contextos geológicos. Para que un elemento o lugar de interés geológico sea incluido en el inventario de este programa, requiere de la postulación del geositio potencial por una persona física o una institución. Esto mediante la presentación de una ficha con las características generales del lugar, incluyendo nombre, ubicación, interés geológico, descripción geológica, entre otros antecedentes. Esta información es evaluada por el Grupo de Especialistas en Geopatrimonio, quien recomienda su aprobación o rechazo al Directorio de la SGCh, el cual finalmente resuelve si el geositio es o no meritorio para integrar el inventario. Ciertos geositios de este catastro disponen de algún tipo de protección legal, pero también hay numerosos sitios que no cuentan con ningún tipo de protección, como es el caso de las Coladas de azufre del volcán Lastarria (Guijón *et al*., 2011). Entre los geositios de la SGCh se encuentran incluidos siete que también forman parte de otros inventarios aquí citados.

A partir del año 2007 la elaboración de memorias de título y grado incrementaron en gran número el registro de geositios de interés para la conservación (174 geositios, un 68%), con representación de diez contextos. Dichos trabajos corresponden principalmente a memorias de título en geología otorgados por las universidades de Chile (cinco memorias, 120 geositios; 47%) y Concepción (una

memoria, 16 geositios; 6,3%), así como una memoria de magíster en la Universidad de Minho, Portugal (38 geositios; 14,8%). Una cantidad importante de los sitios identificados en los inventarios señalados (41%) se encuentran protegidos, ya sea en parques nacionales, porque tienen declaratoria de Monumento Natural (por ej., El Morado; Benado, 2013), porque contienen materiales paleontológicos (Turbiditas de Pino Solo; Partarrieu, 2013), o porque corresponden a sitios de patrimonio histórico (Cerro Santa Lucía/Huelén; Contreras *et al*. 2011; Rodríguez, 2013) o arqueológico (por ej., Pucará Cerro Chena; Rodríguez, 2013).

De forma paralela a los registros señalados, durante el año 2009 el Instituto Antártico Chileno (INACH), en colaboración con la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) y la Empresa Nacional de Petróleo (ENAP), seleccionó y puso en valor un conjunto de 11 geositios (5.1%) en la Región de Magallanes (INACH, 2009). Más tarde, como resultado de las investigaciones de Castro *et al*. (2010, 2012) sobre la geografía y geomorfología de la comuna de Caldera, se registraron otros nueve geositios (3.5%) que representan cuatro contextos geológicos.

Al analizar el conjunto de geositios registrados en los distintos inventarios se aprecia que es una muestra poco representativa de la geodiversidad chilena. El registro actual incluye geositios que son representativos de 19 de los 22 contextos geológicos propuestos (Figura 4, Cuadro 1). A la fecha no están representados los siguientes contextos: 'Arco volcánico del Mesozoico'; 'Islas y pisos oceánicos' y 'Campos de hielo e inlandsis Antártico' y, por el contrario, los contextos 'Volcanismo del Neógeno superior – Cuaternario y campos geotermales' y 'Procesos, geoformas y depósitos glaciares del centro y sur' concentran 26% y 18% del total de geositios, respectivamente. Adicionalmente, se observa una repartición territorial muy heterogénea (Figuras 5 y 6), contándose la mayoría de los geositios en las regiones Metropolitana (27.2%), La Araucanía (21.8%) y Magallanes (19.5).

Con base en su significado y relevancia global, a continuación destacamos algunos de los geositios registrados en el país. Entre los más importantes están los geositios paleo arqueológicos de Pilauco (por ej., Pino *et al*., 2013) y Monte Verde (por ej., Dillehay *et al*., 2008) ubicados en la Región de Los Lagos. En ellos se encuentran evidencias de la coexistencia de las poblaciones humanas más antiguas del continente y la megafauna del Pleistoceno tardío (por ej., gonfoterios). El sitio Monte Verde fue declarado Monumento Histórico el 2008.

Por otra parte, en el geositio 'Huellas de dinosaurio de la quebrada Descubridora' destacan numerosas estructuras sedimentarias y tectónicas sinsedimentarias, fósiles de bivalvos, colonias de rudistes y huellas de dinosaurio, que evidencian una sucesión transicional entre los últimos ambientes marinos someros y

los depósitos continentales que le sucedieron hacia el fin del Cretácico Temprano (Mourgues *et al*., 2005; Mourgues, 2007; Masse *et al*., 2015).

Dos sitios relevantes por su singularidad se encuentran en la Región de Atacama y corresponden al Granito Orbicular y al Zoológico de Piedra. El primer geositio corresponde a un Santuario de la Naturaleza donde aflora una tonalita con textura orbicular (Figura 7). Los orbículos están conformados por un núcleo de composición diorítica compuesto por plagioclasa, anfíbola, cuarzo, biotita, feldespato potásico, clinopiroxeno y magnetita, rodeado por una gruesa corteza de cristales oscuros desarrollados radialmente, y cuya génesis estaría relacionada con procesos de diferenciación magmática (Aguirre *et al*., 1976). El Zoológico de Piedra es un campo de tafonis formado sobre rocas intrusivas en el borde costero de Atacama, y es considerado uno de los más importantes del mundo por sus dimensiones (Segerstrom y Henríquez, 1964; Grenier, 1968; Paskoff, 1970; Castro *et al*., 2010; Ramírez, 2012).

El Macizo Torres del Paine (Figura 8), en Magallanes, es también un elemento geológico y geomorfológico de alto valor científico, ya que representa un ejemplo extraordinario de emplazamiento plutónico ocurrido durante el Mioceno (por ej., Michel *et al*., 2008), y que posteriormente fue expuesto gracias a la acción de agentes glaciales. Se ubica dentro del parque nacional del mismo nom-

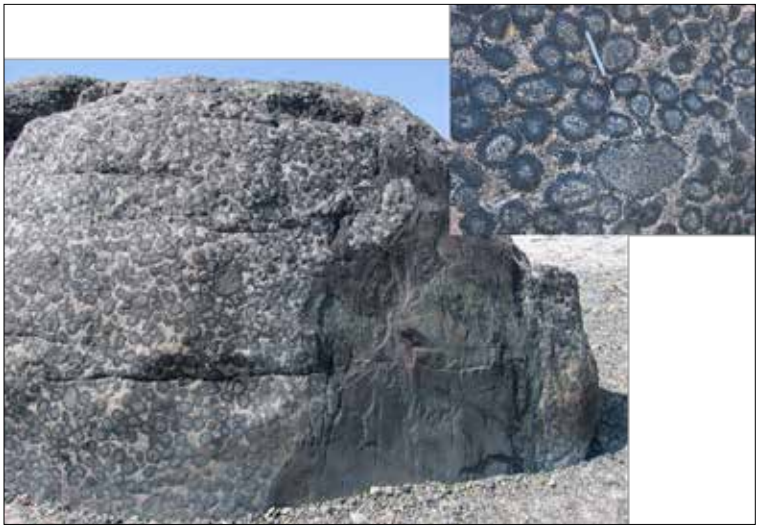


Figura 7. Santuario de la Naturaleza "Rocas de Granito Orbicular del sector de Rodillo", Región de Atacama (Fotografías de Felipe Espinoza).

Figura 8. Macizo Torres del Paine ubicado en el parque nacional homónimo, Región de Magallanes (Fotografía de Nicolás Danyau).

bre, el cual es uno de los tres destinos turísticos principales del país. Este macizo tiene una importante presencia en la identidad local y está considerado entre los Geositios de Magallanes (INACH, 2009; Fernández, 2007).

Otros geositios relevantes a nivel nacional corresponden a los yacimientos paleontológicos Los Dedos y Cerro Ballena, ambos bajo la figura de Bien Nacional Protegido, son yacimientos excepcionales de vertebrados marinos del Mioceno Superior y Plioceno, respectivamente. Se suman también la Cueva del Milodón en Magallanes (INACH, 2009) con declaratorias de Monumento Histórico y Monumento Natural, y el Bosque Fósil de Punta Pelluco declarado Santuario de la Naturaleza.

Educación y turismo

El Museo Nacional de Historia Natural es la institución más antigua y posiblemente la más importante en relación con la educación y difusión del patrimonio natural del país. En esta institución se desempeñan actualmente dos especialistas en paleontología, pero carece de investigadores geólogos que apoyen las labores del museo en otras áreas de las geociencias, como son la mineralogía y las ciencias planetarias relacionadas con el estudio de meteoritos. Otro museo relevante, principalmente por la importancia de su colección de vertebrados marinos procedentes de la Formación Bahía Inglesa, es el Museo Paleontológico de la Ilustre

Municipalidad de Caldera. Sin embargo, esta valiosa colección es hasta ahora expuesta sin museografía ni iluminación adecuada. En dicho recinto están almacenados desde su rescate, hace ya tres años y por tiempo indefinido, los restos de más de cincuenta cetáceos provenientes de la misma formación, hallados en los trabajos de ampliación de la ruta 5 Norte, la carretera Panamericana, en un tramo al norte de Caldera (Suárez *et al*., 2010). La totalidad de los materiales que se encuentran en el recinto señalado presentan condición vulnerable debido a la exposición a peligro de tsunami. Esta situación evidencia importantes problemas asociados a la gestión y administración municipal de bienes patrimoniales. Además, en el país existen varias otras iniciativas como son el Museo Ignacio Domeyko, el Museo Mineralógico de la Universidad de Atacama y el Museo de Historia Natural de Puchuncaví.

Respecto al turismo en Chile, es evidente que los tres destinos turísticos más importantes del país, que de norte a sur son el Desierto de Atacama (Figura 9), Isla de Pascua (Rapa Nui; Figura 10), y el área en torno al Parque Nacional Torres del Paine (Figura 8), poseen destacados atractivos de carácter geológico. Sin embargo, los visitantes que llegan a estos lugares comúnmente encuentran nula, poca o incluso información inexacta relacionada con la interpretación ambiental desde el punto de vista geológico. Una iniciativa pionera para resaltar el valor del patrimonio geológico y promover el geoturismo en Chile fue el proyecto destinado a impulsar el establecimiento del Geoparque Kütralkura en la Región de La Araucanía siguiendo los lineamientos de la Red Mundial de Geoparques de la UNESCO (Schilling, 2009; Schilling *et al*., 2012a). Esta iniciativa fue desarrollada por SERNAGEOMIN entre los años 2009 y 2013, y contó con apoyo del Gobierno Regional de La Araucanía, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), la CONAF, SERNATUR, y el Ministerio de Medio Ambiente, además de autoridades municipales y organizaciones civiles. El territorio propuesto como el primer Geoparque de Chile corresponde a las comunas de Lonquimay, Melipeuco, Curacautín y Vilcún, donde se encuentra el volcán Llaima, uno de los más activos del país. Además, incluye otros tres volcanes activos, seis áreas protegidas donde destaca el Parque Nacional Conguillío, ecosistemas únicos que integran parte de la Reserva de Biosfera Araucarias, y diversas comunidades indígenas mapuche-pehuenche. En el marco de dicho proyecto se realizaron diversas memorias de título, se registraron más de 50 geositios (Figuras 11 y 12) y se realizaron una serie de actividades de divulgación, talleres de capacitación, y un proyecto educativo para escolares (Schilling *et al*., 2012a, b, c). Adicionalmente, se elaboraron rutas geoturísticas utilizadas por operadores locales, paneles interpretativos en algunos geositios, un documental audiovisual, un spot publicitario,

Figura 9. Cordillera de la Sal ubicada en la comuna San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta (Fotografía: Nicolás Danyau).

Figura 10. Volcán Rano Kau ubicado en el extremo suroeste de la Isla de Pascua (Rapa Nui). (Fotografía: Manuel Schilling).

Figura 11. Secuencia de depósitos del volcán Llaima expuesta en el geositio "Cañadón del río Truful–Truful", Parque Nacional Conguillío (Fotografía de Sernageomin).

una página web y una guía geoturística (Schilling *et al*., 2013). En este territorio aspirante a geoparque existe una oferta geoturística incipiente (Figuras 13 y 14), y hasta la fecha no ha presentado su candidatura para integrarse a la Red Mundial de Geoparques. Entre sus principales falencias destacan la carencia de una

Figura 12. Geositio "Cono Navidad" junto al volcán Lonquimay, Reserva Nacional Nalcas–Malalcahuello (Fotografía de Patricio Contreras).

Figura 13. Cabalgata sobre coladas históricas del volcán Llaima, comuna de Melipeuco, Geoparque Kütralkura (Fotografía de Sernageomin).

Figura 14. Cicloturismo junto al geositio "Ignimbrita Piedra Blanca", comuna de Lonquimay, Geoparque Kütralkura (Fotografía de Cristián Levy).

unidad de gestión y administración adecuada que considere los compromisos formales de organismos públicos y privados, así como instancias que permitan la participación de la sociedad civil, especialmente de las comunidades indígenas. Tampoco cuenta con programas educativos estables para la comunidad escolar.

Otra iniciativa más incipiente, pero con objetivos similares, es la que está impulsado la Sociedad Geológica de Chile a través de la realización de un inventario y la caracterización y cuantificación del patrimonio geológico de valor científico presente en la Comuna de San José de Maipo (Benado, 2013; Benado *et al*., 2013). Este trabajo fue parte de una tesis de magíster realizada en la Universidad de Minho, Portugal, y su objetivo es promover la creación de un Geoparque en un área que posee elementos notables desde el punto de vista geológico, incluyendo volcanes activos, centros termales, glaciares, y fósiles (Figuras 15 y 16). Este territorio está ubicado en la cordillera de los Andes, 50 km al este de la ciudad de Santiago, donde habitan cerca de seis millones de personas. Fue declarado Zona de Interés Turístico y presenta un importante desarrollo de actividades ecoturísticas y artesanales, aunque también existen conflictos ambientales y sociales a causa de la construcción de una central hidroeléctrica.

Por último, desde ya varios años el geositio paleo arqueológico Pilauco, en la Región de Los Lagos, viene siendo valorizado tanto desde el ámbito científico

Figura 15. Geositio "Contacto Formación Abanico–Plutón San Gabriel", comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana (Fotografía de José Benado).

Figura 16. Geositio "Remoción en masa Las Amarillas" ubicada junto a las termas Baños Morales en la comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana. (Fotografía de José Benado).

(e.g., Recabarren *et al*., 2008; *et al*., 2013), como educativo (Pino *et al*., 2008; González *et al*., 2011). Este sitio está siendo utilizado para promover el desarrollo económico sustentable, a través de un programa de gestión en paleoturismo impulsado por la Universidad Austral de Chile (Costabel y Veloso, 2014).

Perspectivas

Según lo expuesto en los apartados precedentes, se puede reconocer que en Chile existe un conjunto de más de 250 sitios de interés para la geoconservación, los cuales han sido registrados desde el año 2000 utilizando diversas metodologías y con apoyo de distintos organismos públicos, universidades, proyectos de investigación y la Sociedad Geológica de Chile. Sin embargo, las principales acciones destinadas al reconocimiento del patrimonio geológico en el país corresponden a iniciativas personales de geocientistas conscientes de su valor y significación, que han sido realizadas de manera independiente o al interior de instituciones relacionadas con la temática, y no como parte de programas o políticas públicas estables. El conjunto de sitios reunido hasta ahora es poco representativo y se distribuye de manera heterogénea sobre el territorio. Consecuentemente, se requiere de un esfuerzo significativo para concretar la elaboración de un inventario sistemático del patrimonio geológico nacional que sea representativo de la geología de Chile, la cual es reconocida como un 'laboratorio natural' para el estudio de fenómenos que ocurren en zonas de subducción a lo largo de márgenes continentales activos. Esta tarea requiere del apoyo y la participación coordinada de organismos públicos, universidades, la comunidad geológica nacional y de organismos no gubernamentales destinados a la conservación de la naturaleza. Un inventario de estas características es una etapa fundamental para poder diseñar e implementar una estrategia nacional de geoconservación, que posteriormente considere su protección legal y puesta en valor, tal como propone la Asociación Europea para la Conservación del Patrimonio Geológico (ProGEO, 2011). Un organismo pertinente, y que podría ser capaz de asumir esta importante responsabilidad, es el nuevo Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, el cual, según el proyecto de ley que lo crea y que se encuentra actualmente en trámite, estará bajo la dependencia del Ministerio de Medio Ambiente y tendrá como objetivo asegurar la conservación del patrimonio natural del país. Dicho proyecto de ley, además, crea el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, donde se han definido nueve categorías de protección, de las cuales cuatro consideran la protección del patrimonio de carácter geológico. El Grupo de Especialistas en Geopatrimonio de la Sociedad Geológica de Chile está realizando importantes esfuerzos para que en este proyecto de ley se consideren los acuerdos y recomendaciones internacionales que piden incluir al patrimonio geológico como parte fundamental del patrimonio natural y asegurar su conservación (UNESCO, 1972; ProGEO 2011; UICN, 2008, 2012). Esto permitiría mejorar significativamente la situación actual, ya que no se dispone de un inventario sistemático del patrimonio geoló-

gico, y donde existen diversas figuras de protección para elementos de carácter geológico, geomorfológico y paleontológico que son dependientes de distintos organismos públicos.

Es importante destacar que en el marco de la legislación actual se encuentran protegidos diversos geositios; sin embargo, varios de estos no cuentan con ninguna protección legal. Por otra parte, en los últimos años fueron pocos los geositios que sensibilizaron a la comunidad geológica y a las autoridades políticas pertinentes, y que motivaron la elaboración de declaratorias para su protección. Sin embargo, la formación de una nueva generación de profesionales especialistas en patrimonio geológico en el país es un hecho promisorio que podría dar como resultado en un avance significativo en la protección de determinados geositios, principalmente mediante la generación de declaratorias ocupando alguna de las figuras legales disponibles en función de su valor principal. La reciente incorporación del patrimonio geológico como tema en trabajos de título para la carrera de geología en universidades chilenas, con un total de ocho titulaciones, ha logrado que más de la mitad de los sitios registrados sea resultado de la formación de dichos profesionales.

Por otra parte, el creciente desarrollo de estudios de línea de base en la componente 'Geología, Geomorfología y Riesgos' y, en particular, de la componente 'Paleontología' para proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, ofrece la oportunidad de registrar sitios geológicos o yacimientos paleontológicos relevantes que pueden llegar a considerarse geositios. Este es el caso del Yacimiento Paleontológico Cerro Ballena, cuya importancia motivó su declaratoria como Bien Nacional Protegido, además del rescate de numerosos esqueletos de cetáceo, publicaciones científicas (Valenzuela-Toro *et al*., 2013; Pyenson *et al*. 2014) y la canalización de recursos para estudios con el fin de establecer una zonificación de uso del geositio (Mourgues *et al*., 2013). Sin embargo, se requiere mejorar el funcionamiento de dicho sistema de evaluación ambiental y solucionar problemas generados principalmente por el considerable aumento de proyectos ingresados, los plazos acotados que disponen los organismos evaluadores para manifestar sus observaciones ante estos, y una sub dotación de personal idóneo en el Consejo de Monumentos Nacionales y del Ministerio del Medio Ambiente. Actualmente, diversos proyectos que no cumplen adecuadamente con los estándares necesarios para asegurar la conservación del patrimonio geológico obtienen la aprobación por parte del Servicio de Evaluación Ambiental para ejecutarse sin observaciones.

Finalmente, el conjunto de acciones realizadas a la fecha que están destinadas a la identificación, caracterización y valorización del patrimonio geológico,

junto con los proyectos dirigidos a impulsar la creación de geoparques, permite prever un incremento importante en el desarrollo de actividades turísticas relacionadas con elementos geológicos a lo largo del país. Adicionalmente, la reciente creación del Programa Internacional de Geociencias y Geoparques (IGGP) de la UNESCO que incluye a la Red Mundial de Geoparques, representa un importante incentivo para la incorporación de proyectos de Geoparques nacionales a esta red global. A mediano plazo es razonable pensar en la creación de una Red Nacional de Geoparques, lo cual tendría un impacto positivo en la valoración de las ciencias de la Tierra en el país.

Conclusiones

En la geodiversidad de Chile se encuentran elementos de relevancia científica global, ya sea porque registran momentos importantes en la historia de la Tierra o porque son ejemplos singulares de procesos geológicos. Igualmente, hay ejemplos de geositios con valores culturales que están representados en geoformas fuertemente ancladas en la identidad local. Hasta ahora se han logrado avances a distinta escala, principalmente en relación con la generación de inventarios en áreas naturales, aunque de manera inorgánica y sin una estrategia nacional de geoconservación. A partir del análisis de estos inventarios se reconocen geositios de diversa relevancia, potencial de uso, estado de protección y vulnerabilidad frente a amenazas. Además, el conjunto de geositios registrados por los distintos inventarios da cuenta de manera poco representativa de la geodiversidad chilena, con un registro restringido de los contextos preliminares y con repartición territorial heterogénea, contándose la mayor cantidad de geositios en las regiones Metropolitana, Araucanía y Magallanes. Con respecto a su protección, en el marco legal chileno no se contempla de manera exclusiva el patrimonio geológico, pero sí existen instrumentos para su protección efectiva. No obstante, las dimensiones y complejidad geológica de nuestro territorio, junto con la escasa dotación de profesionales especializados en organismos públicos relacionadas con la gestión del patrimonio geológico, han limitado el registro de geositios. Consecuentemente, la real dimensión y relevancia de nuestro patrimonio geológico permanece aún desconocida y las acciones para protegerlo y ponerlo en valor han resultado insuficientes. El proyecto de ley que crea el nuevo Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el nuevo Sistema Nacional de Áreas Protegidas es una excelente oportunidad para implementar una estrategia nacional de geoconservación que considere la realización de un inventario sistemático del patrimonio geológico

nacional a partir de los avances realizados hasta la fecha. La implementación y puesta en marcha del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y sus imbricaciones con las normativas sectoriales que abordan en mayor o menor medida el patrimonio geológico, también presenta promisorias oportunidades para incrementar el registro de geositios de relevancia nacional. Sin embargo, estos registros son generalmente de carácter voluntario (salvo para el caso de los fósiles) y no un requisito para los estudios de impacto ambiental.

Es relevante el hecho de que a partir de 2007 se han realizado cerca de diez memorias de título de geólogos y geógrafos en universidades nacionales y una tesis de magíster, dedicadas a la identificación y caracterización de sitios de interés geológico. Esto demuestra el elevado interés de una nueva generación de profesionales especialistas en patrimonio geológico que se está formando en el país.

Entre los próximos desafíos destacamos la urgencia de promover y trabajar en la elaboración de declaratorias de protección sobre los geositios con mayor necesidad de conservación dadas su relevancia y amenazas. Además, se debe avanzar en concientizar al mundo político, académico y a la comunidad en general, sobre la importancia del patrimonio geológico, de la protección de sus geositios y de sus elementos muebles (colecciones de rocas, meteoritos, minerales y fósiles de Chile), así como sensibilizarles acerca de sus vulnerabilidades (amenazas) y beneficios. Esto permitiría aprovechar el potencial que tiene el patrimonio geológico para contribuir al desarrollo de territorios económicamente deprimidos, principalmente a través del geoturismo. Adicionalmente, se requiere avanzar en la consolidación de los proyectos de geoparques en el país, los cuales debieran fomentar de manera significativa la conservación del patrimonio geológico, la educación de las geociencias y el desarrollo local sustentable a nivel nacional.

Referencias

Aguirre, L., F. Hervé y M. Del Campo (1976), "An orbicular tonalite from Caldera, Chile", *Journal of the Faculty of Science*, Hokkaido University, Japón, vol. 17, núm. 2, pp. 231-259.

Antinao, J., J. D. Clayton, I. Santibañez, M. Toloczyki, B. Schwerdtfeger, J. Hanisch y W. Kruck (2000), *Geología para el ordenamiento territorial: área de Estudio Geoambiental del área Puerto Montt–Frutillar, X Región de Los Lagos*, Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín No. 55, 34, p. 2, mapas escalas 1:100.00 y 1:20.000.

Arenas, M., C. Jara, J. Milovic, Y. Pérez, R. Troncoso, J. Behlau, J. Hanisch y F. Helms (2005), *Geología para el ordenamiento territorial: área de Valdivia, Región de Los La-*

gos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental No. 8, 71 pp., 6 mapas escala 1:100 000. 1 mapa escala 1:25 000. Santiago.

Astudillo, N. (2012), "Catastro inicial de "Minerales Chilenos": Redefinición e Identificación del Patrimonio Mineralógico Nacional", Congreso geológico Nº 13, Simposio de Geopatrimonio en Chile Nº 2, pp. 902-904.

Benado, J. (2013), *Patrimonio geológico del proyecto Geoparque Cajón del Maipo (Santiago, Chile)*, Tesis para optar al título de Magíster en Patrimonio Geológico y Geoconservación, Universidad de Minho, Braga, Portugal, 142 pp.

Benado, J., J. Brilha y M. Schilling (2013), "Patrimonio Geológico del proyecto Geoparque Cajón del Maipo (Chile): resultados finales", *Actas del I Simposio Argentino de Patrimonio Geológico, Geoparques y Geoturismo y III Encuentro Latinoamericano de Geoparques*, San Martín de los Andes, Argentina, p. 228.

Berg, K. y E. Tidi (2009), "Descubrimiento de zafiros en Chile", Congreso Geológico Chileno No. 12. Simposio de Geopatrimonio en Chile No1. S5_004, Actas digitales.

Brilha, J., C. Andrade, A. Azerêdo, F. J. A. S. Barriga, M. Cachão, H. Couto, P. P. Cunha, J. A. Crispim, P. Dantas, L. V. Duarte, M. C. Freitas, H. M. Granja, M. H. Henriques, P. Henriques, L. Lopes, J. Madeira, J. M. X. Matos, F. Noronha, J. Pais, J. Piçarra, M. M. Ramalho, J. M. R. S. Relvas, A. Ribeiro, A. Santos, V. F. Santos y P. Terrinha (2005), "Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterization", *Episodes*, vol. 28, núm. 3, pp. 177-186.

Brilha, J. (2015), "Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review", *Geoheritage*, vol. 8, núm. 2, pp. 119–134. [http://dx.doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3].

Brüggen, H. (1927), "Sobre la protección de un bloque errático situado cerca de Puente Alto", *Revista Chilena de Historia y Geografía,* núm. 110, pp. 302-308.

Calderón, M., F. Hervé, S. Lohmar, F. A. Mourgues, L. Pinto, M. Schilling, M. Solari, M. Valenzuela y P. Martínez (2009), "Geositios de la Sociedad Geológica de Chile: una herramienta de educación masiva en Geología, de valoración y preservación del Geopatrimonio, y de fomento del Turismo de Intereses Especiales", XII Congreso Geológico Chileno, Santiago, S5_005, 4 pp.

Cámara de Diputados de Chile (CDCh), (2014), Proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. [http://www.camara.cl/pley/pley_detalle.aspx?prmID=9819&prmBL=9404-12].

Canut de Bon, C. J. Schlüeter, J. Cucurella y M. Dini (2009), "Presencia de petzita en el distrito aurífero Huilmo Alto, Punitaqui, Región de Coquimbo. Rescate de un patrimonio

mineralógico", Congreso Geológico Chileno No. 12, Simposio de Geopatrimonio en Chile, núm. 1, S5_007, Actas digitales.

Castro, C., A. Montaña, C. Pattillo y A. Zúñiga (2014), "Detección del área con desierto florido en el territorio del Mar de Dunas de Atacama, mediante percepción remota", *Revista de Geografía Norte Grande*, núm. 57, pp. 103-121.

Castro, C., A. Zúñiga y C. Pattillo (2012), "Geomorfología y geopatrimonio del Mar de Dunas de Atacama, Copiapó (27º S), Chile", *Revista de Geografía Norte Grande,* núm. 53, pp. 123-136.

Castro, C., C. Marquardt y A. Zuñiga (2010), "Peligros naturales en geositios de interés patrimonial en la costa sur de Atacama", *Revista de Geografía Norte Grande,* núm. 45, pp. 21-39.

Castro, C., C. Marquardt, J. A. Naranjo, M. E. Suárez y A. Zuñiga (2009), "Proposición de Geoparque en el Litoral de Atacama", en XII *Congreso Geológico, I Simposio de Geopatrimonio en Chile*, S5_006, 4 pp.

Chávez, M. (2010), "La colección paleontológica de la Universidad Austral de Chile: una invitación a la colaboración interinstitucional", en *Simposio Paleontología en Chile*, núm. 2, Libro de Resúmenes, p. 23.

Constabel, S. y K. Veloso (2014), "Modelo de gestión del Paleoturismo en Chile: caso Pilauco", en *Simposio Paleontología en Chile,* núm. 4. Actas, p. 43, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Contreras, J. P., C. Venegas, G. Mardones, C. Faunes y D. Sellés (2011), "El Cerro Santa Lucia o Huelén. Hacia la integración del patrimonio histórico y geológico en el centro de Santiago. Región Metropolitana de Chile", *I Simposio de Geoparques y Geoturismo*, Actas, p. 56-59.

Dillehay, T., C. Ramírez, M. Pino, M. Collins, J. Rosen y J. D. Pino-Navarro (2008), Monte Verde: Seaweed, Food, Medicine, and the Peopling of South America, *Science*, vol. 320, núm. 5877, pp. 784-786.

Fernández, J. (2007), Identificación y evaluación de Geositios en el Parque Nacional Torres del Paine, Memoria para optar al Título de Geólogo (inédito), Universidad de Chile, Departamento de Geología, 72 pp.

Flores-M., G. (2010), "Colección paleontológica del Museo Geológico 'Prof. Lajos Biró Bagóczky', Departamento Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción", en *Simposio Paleontología en Chile,* No. 2, Libro de Resúmenes, p. 21.

Flynn, J. J., A. R. Wyss, D. A. Croft y R. Charrier (2003), "The Tinguiririca fauna, Chile: biochronoly, and a new earliest Oligocene, South America Land Mammal 'Age'", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* vol. 195, núms. 3-4, pp. 229-259.

Fonseca, E., C. Pérez de Arce y S. Ross (2009), "El Patrimonio del Laboratorio del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN): Desafíos para su conservación", *Congreso Geológico Chileno No. 12, Simposio de Geopatrimonio en Chile* No1. S5_010, Actas digitales.

Garcia-Cortés, A., I. Rábano, J. Locutura, F. Bellido, J. Fernández-Gianotti, A. Martín-Serrano, C. Quesada, A. Barnolas y J. J. Durán (2001), "First spanish contribution to the Geosites Project: list of the geological frameworks established by consensus", *Episodes*, vol. 24, núm. 2, pp. 79-92.

García-Cortés, A., I. Rábano, J. Locutora, J. Fernández-Gianotti, A. Martín-Serrano, C. Quesada, A. Barnolas, J. J. Durán (2000), "Contextos geológicos españoles de relevancia internacional: establecimiento, descripción y justificación según la metodología del proyecto Global Geosites de la IUGS", *Boletín Geológico y Minero,* vol. 111, núm. 6, pp. 5-38.

González, E., M. Pino, O. Recabarren, P. Canales, L. Salvadores, M. Chávez, C. Bustos, P. Ramos, T. Busquets, F. Vásquez y X. Navarro (2011), "Paleontología social: una experiencia educativa sobre ciencia, patrimonio e identidad", *Calidad en la Educación,* núm. 34, pp. 231-245

Guijón, R., F. Henríquez y J. A. Naranjo (2011), "Geological, Geographical and Legal Considerations for the Conservation of Unique Iron Oxide and Sulphur Flows at El Laco and Lastarria Volcanic Complexes, Central Andes, Northern Chile", *Geoheritage,* vol. 3, núm. 4, pp 299–315. DOI: 10.1007/s12371-011-0045-x.

Gray, M. (2004), *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature,* John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 434 pp.

Gray, M., P. D. Jungerius y J. A. M. van den Ancker (2004), European Union Soil Thematic Strategy. Geodiversity and Geoheritage as features of Soil Protection. Advice to the Working Groups Towards a Thematic Strategy for Soil Protection (COM (2002) 179 C5-0328/2002 2002/2172(COS)),Committee on the Environment, Public Health and Consumer Policy.

Grenier, M. (1968), "Observations sur les taffonis du desert chilien", *Bulletin de l'Association de Geographes Francais*, núms. 364-365, pp. 193-211.

Grenier, P. (1968), "Observations sur les taffonis du desert chilien", *Bull. Assoc. Geogr. Français*, vol. 364-365, pp. 193-211.

Guzmán, R. (2012), *Derecho ambiental chileno: Principios, instituciones, instrumentos de gestión,* Ediciones Planeta Sostenible, Santiago, Chile, 268 pp.

Hervé, F. (2011), "Los Dres. Amado Pissis y Juan Brüggen, figuras de la geología de Chile", en Número especial de la *Revista Chilena de Historia y Geografía* en el Centenario de su Fundación (1911- 2011), Santiago, Chile, pp. 207-222.

Hervé, F., M. Schilling, M. Calderon, M. Solari y A. Mourgues (2012), "La difícil tarea de identificar y proteger el patrimonio geológico de Chile", *XIII Congreso Geológico Chileno*, Antofagasta, pp. 896-898.

Instituto Antártico Chileno (INACH) (2009), Geositios de Magallanes. [http://www.inach.cl/geositios/portfolio_grid.html].

Lenz, R. (1912), *Tradiciones e ideas de los araucanos acerca de los terremotos,* Universidad de Chile, Anales 130, 23 pp.

Mardones, R. (2012), Valoración de Potenciales Geositios en el Campo Volcánico Pali Aike, XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, Chile, Memoria para optar al Título de Geólogo (inédito), Departamento de Geología, Universidad de Chile, 167 pp.

Martínez, P. (2010), Identificación, caracterización y cuantificación de Geositios, para la creación del I Geoparque en Chile, en torno al Parque Nacional Conguillío, Memoria de Título, Departamento de Geología, Universidad de Chile, 173 p.

Masse, J. P., F. A. Mourgues y M. Fernerci-Maasse (2015), "Aptian-Albian Rudist bivalves from the Chilean Central Andes", *Cretaceous Research,* vol. 54, pp. 243–254.

Mayr, G. y D. Rubilar-Rogers (2010), Osteology of a giant bony-toothed bird from the Miocene of Chile, with a revision of the taxonomy of Neogene Pelagornithidae, *Journal of Vertebrate Paleontology,* vol. 30, núm. 5) pp. 1313-1330.

Michel, J., L. Baumgartner, B. Putlitz, U. Schaltegger y M. Ovtcharova (2008), "Incremental growth of the patagonian Torres del Paine laccolith over 90 k.y.", *Geology*, vol. 36, núm. 6, p. 459. DOI:10.1130/G24546A.1.

Montecinos, S., L. Phililli, D. Artigas y A. Obach (2003), *Mitos de Chile: diccionario de seres, magias o encantos,* Random House Mondadori, 561 pp.

Mourgues, F. A. (2007), Paleontologie stratigraphique [Ammonites] et évolution tectono - sedimentaire du bassin d'arrière arc de Chañarcillo (Berriasien - Albien, Nord du Chili), Unpublished Ph.D. thesis, Université Toulouse III - Paul Sabatier, 295 pp.

Mourgues, F. A. (2010), Diversidad del registro fósil en la Región del Maule", en *Simposio Paleontología en Chile*, No. 2, Libro de Resúmenes, Concepción, p. 27.

Mourgues, F. A. (2011a), "Aproximaciones a la Geomitología en Chile: el mito de Kaikay y Trentren", *Segundo Simposio de Historia de la Geología*, Sociedad Geológica de Chile, Santiago, 1 p.

Mourgues, F. A. (2011b), "Metodología para el inventario de áreas con interés geopatrimonial, aplicada a los Acantilados y Playas de Loanco, Región del Maule, Chile", *1er Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile*, Melipeuco, Región de la Araucanía.

Mourgues, F. A., M. Arenas, S. De los Arcos, D. Partarrieu y K. Contreras (2013), Estudio Geológico, Línea de Base Paleontológica y Zonificación del Bien Nacional Protegi

do 'Cerro Ballena', comuna de Caldera, Atacama, Terra Ignota, Informe Final, Doc. TI13-02, 75 p., 3 mapas escala 1:5.000, 6 anexos, DIBAM / CMN.

Mourgues, F. A., E. Jaillard, C. Arévalo y L. G. Bulot (2005), "Événements tectoniques – sédimentaires aptiens dans le nord du Chili: la fermeture du bassin marin d'Atacama (27°-30° S)", en *Global Events during the quiet Aptian-Turonian (90-120 my) Superchron*, Grenoble, 21-23 April, Geologie Alpine, Série colloques et excursions, núm. 6, pp. 41-46.

Mourgues, F. A., A. Rubilar y N. Gaete (2009), « Inventario preliminar de los componentes patrimoniales reconocidos en el área de Loanco, Región del Maule, Chile Central (35ºS)", *Congreso Geológico Chileno Nº 12*, Actas digitales, pp. 22-26.

Mourgues, F. A., M. Schilling y C. Castro (2012), "Propuesta de definición de los Contextos Geológicos Chilenos para la caracterización del patrimonio geológico nacional", *XIII Congreso Geológico Chileno, II Simposio de Geopatrimonio en Chile*, Antofagasta, Actas, pp. 887-889.

Palma-Heldt, S. (2010), "Paleopalinoteca del Departamento Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción", en *Simposio Paleontología en Chile*, No. 2, Libro de Resúmenes, p. 22.

Partarrieu, D. (2013), Inventario de Geositios en la Comuna de Lonquimay, para la creación del Geoparque Kütralkura, IX Región de La Araucanía. Memoria de Título, Departamento de Geología, Universidad de Chile, 152 pp.

Paskoff, R. (1970), *Le Chili Semi-Aride. Recherches Géomorphologiques,* Bordeaux, Francia, 420 pp.

Pérez, Y., J. Milovic, R. Troncoso, J. Hanisch, F. Helms, M. Toloczyki (2003), Geología para el ordenamiento territorial: área de Osorno, Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental No. 6, 54 pp., 7 mapas escala 1:100.000, Santiago.

Petit-Breuilh, M. E. (2006), *Naturaleza y desastres en Hispanoamérica. La visión de los Indígenas*, Sílex Universidad, Madrid ,156 pp.

Pino, M., M. Chávez-Hoffmeister, X. Navarro-Harris y R. Labarca (2013), "The late Pleistocene Pilauco site, Osorno, south-central Chile", *Quaternary International,* núm. 299, pp. 3-12.

Pino, M., L. Salvadores-C., A. Martel-C., M. Chávez, P. Canales-B., O. Recabarren, L. Jarpa, I. Montero, K. Moreno, R. X. Navarro, E. González, D. Martin y C. Alarcón (2008), "Paleontología Social: ciencia, patrimonio e identidad", en *Simposio de Paleontología de Chile*, núm. 2, Libro de Resúmenes, p. 11.

ProGEO (2011), Conserving our shared geoheritage – a protocol on geoconservation principles, sustainable site use, management, fieldwork, fossil and mineral collecting, 10 pp. <http://www.progeo.se/progeo-protocol-definitions-20110915.pdf>

Pyenson, N. D., C. S. Gutstein, J. F. Parham, J. P. Le Roux, C. C. Chavarría, H. Little, A. Metallo, V. Rossi, A. M. Valenzuela-Toro, J. Velez-Juarbe, C. M. Santelli, D. Rubilar Rogers, M. A. Cozzuol y M. E. Suárez (2014), "Repeated mass strandings of Miocene marine mammals from Atacama Region of Chile point to sudden death at sea", *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences,* núm. 281. DOI: 10.1098/rspb.2013.3316.

Ramírez, G. (2012), "Contexto geológico del parque biológico Punta Totoralillo y morfología de cavidades en el Zoológico de Piedra, III Región de Atacama, Chile", Memoria para optar al Título de Geólogo (inédito), Universidad de Chile, Departamento de Geología, 121 pp.

Recabarren, O. P., I. Montero, K. Moreno, M. F. Chávez, L. Salvadores-Cerda, A. Martel-Cea, P. Canales, E. González, X. R. Navarro, M. Gallardo y M. A. Pino, (2008), "Fauna fósil del sitio Pilauco, Osorno, Chile", en *Asociación Paleontológica de Chile, Simposio-Paleontología en Chile*, No. 1, Libro de Actas, Santiago, pp. 128-130.

Rivera, R. G. (2014), Geología, Geomorfología y Geopatrimonio en el Complejo Volcánico Nevados de Chillán, Región del Bio-Bío, Chile, Memoria para optar al Título de Geóloga, Departamento Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción, 216 pp.

Rodríguez, C. (2013), Patrimonio geológico en la ciudad de Santiago: caracterización y valoración de geositios en torno a un núcleo urbano, Memoria para optar al título de geólogo, Departamento de Geología, Universidad de Chile, 116 p.

Rubilar, A. (2008), "Paleontología, patrimonio paleontológico y sus vínculos con la Biología y Geología", en *Simposio Paleontología en Chile,* No. 1, Libro de Actas, Santiago, pp. 3-9.

Rubilar, A. (2010), "La protección del geopatrimonio in situ en Chile: características y desafíos", en *Simposio Paleontología en Chile*, No. 2, Libro de Resúmenes, Concepción, p. 27.

Rubilar, A. (2011), "El patrimonio paleontológico *in situ*: Enfoques de valoración y elementos para su gestión en Chile", en *Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile*, No. 1, Actas, Melipeuco, p. 123-126.

Rubilar, A. (2012), "Área de Patrimonio del Sistema Nacional de Coordinación de la Información Territorial (SNIT): avances en la definición de los estándares mínimos para el registro del patrimonio paleontológico", en *Congreso Geológico Chileno*, No. 13. Simposio de Geopatrimonio en Chile Nº 2, pp. 890-892.

Rubilar, A. y E. Pérez (2009), "Proposición de localidades con sitios paleontológicos relevantes en Chile e iniciativas en curso para su registro estandarizado", en *Congreso Geológico Chileno*, Nº12, I Simposio de Geopatrimonio en Chile, S5_024, Santiago, 4 pp.

Rubilar, A. y E. Pérez (2010), "Colecciones macropaleontológicas en el Departamento de Geología de la Universidad de Chile", en *Simposio Paleontología en Chile*, No. 2, Libro de Resúmenes, Concepción, p. 18.

Rubilar, A., E. Pérez y F. A. Mourgues (2010), "La Colección Paleontológica del SERNAGEOMIN", en *Simposio Paleontología en Chile*, No. 2, Libro de Resúmenes, Concepción, p. 20.

Rubilar-Rogers, D. (2010a). "El pelagornítido más completo del mundo: un caso de repatriación de nuestro patrimonio paleontológico", en *Simposio Paleontología en Chile*, No. 2, Libro de Resúmenes, p. 10.

Rubilar-Rogers, D. (2010b), "La Colección Paleontológica del Museo Nacional de Historia Natural", en *Simposio Paleontología en Chile*, No. 2, Libro de Resúmenes, p. 17.

Salazar, C., S. Soto-Acuña y A. Hermans (2014), "La colección de paleontología de invertebrados del Museo Nacional de Historia Natural: conservación y documentación", en *Simposio Paleontología en Chile,* No. 4. Actas, Universidad Austral de Chile, Valdivia, p. 41.

Schilling, M. (2009), "Hacia la creación del primer geoparque en Chile: Parque Nacional Conguillío, Región de la Araucanía", en *Congreso Geológico Chileno, I Simposio de Geopatrimonio en Chile,* S5_027, 4 pp.

Schilling, M. (2007). "Geoparques y Geositios: Posibilidades de educación, difusión y valoración del patrimonio geológico a través del Geoturismo en Chile", *Revista Ecoengen,* núm. 7, pp. 19-27.

Schilling, M., K. Toro, K., P. Contreras, C. Levy, D.Partarrieu, Á. Amigo y J. Hernández (2013), *Geoparque Kütralkura: Guía Geoturística*, Servicio Nacional de Geología y Minería, 194 pp., 3 mapas escala 1:300.000, 1 mapa escala 1:100.000, Santiago.

Schilling, M., K. Toro, P. Contreras, C. Levy y H. Moreno (2012a), "Geoparque Kütralcura: Patrimonio geológico para el desarrollo sustentable de la Región de la Araucanía", *XIII Congreso Geológico Chileno*, T-10/Geopatrimonio, pp. 893 -895.

Schilling, M., P. Martínez, D. Partarrieu, P. Contreras, R. Gho, F. Bucchi, O. Bustamante, V. Barrales, K. Toro y H. Moreno (2012b), "Identificación y caracterización del patrimonio geológico para la creación del Geoparque Kütralcura, Región de la Araucanía", *XIII Congreso Geológico Chileno*, T-10/Geopatrimonio, pp. 923 -925.

Schilling, M., D. Basualto, I. Guerrero y K. Toro (2012c), "Exploradores del volcán Llaima: primera iniciativa educativa en el marco del proyecto Geoparque Kütralcura", *XIII Congreso Geológico Chileno*, T-12/Educación en Geología, pp. 996 -998.

Segerstrom, K. y H, Henríquez (1964), *Cavities, or tafonis, in rock faces of the Atacama Desert, Chile,* U.S. Geological Survey Research, paper 501-C, pp. C121-C125.

SERNAGEOMIN (2009), *Geología para la planificación territorial y gestión ambiental del área de Antofagasta, Región de Antofagasta*,Servicio Nacional de Geología y Minería,

Informe Registrado IR-10-42, 144 p., 6 mapas escala 1:50.000,74 figuras, 8 tablas, 5 anexos. Santiago.

Sociedad Geológica de Chile (SGCh) (2006), Programa de Detección y Establecimiento de Geositios en Chile. [http://www.sociedadgeologica.cl/geositios/].

Suárez, M. E., A. Valenzuela-T. Y R. Yury-Y. (2010), "Primer yacimiento con vertebrados marinos del Pleistoceno en Caldera, Región de Atacama, Chile", *II Simposio - Paleontología en Chile*, Concepción, Libro de Resúmenes, p. 65.

UICN (2012), Valorización y conservación del patrimonio geológico dentro del Programa de la UICN 2013-2016, World Conservation Congress, Resolution 5.048. [https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2012_RES_48_ES.pdf].

UICN (2008), Conservación de la geodiversidad y el patrimonio geológico, World Conservation Congress, Resolution 4.040. [https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2008_RES_40_ES.pdf].

UNESCO (1972), *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*, Aprobada por la Conferencia General en su decimoséptima reunión en París, 14 p.

Urresty, C. (2011), "Caracterización y evaluación del patrimonio geológico del Parque Nacional Bernardo O'Higgins", en *Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile*, No. 1, Actas, pp. 143-146.

Valenzuela, M. (2009), "Meteoritos chilenos y su necesidad de protección y preservación como nuevo tipo de geopatrimonio", *I Simposio de Geopatrimonio en Chile,* Actas digitales, S5_028.

Valenzuela-Toro, A. M., C. S. Gutstein, R. M. Varas-Malca, M. E. Suárez y N. D. Pyenson (2013), "Pinniped turnover in the South Pacific Ocean: New evidence from the Plio-Pleistocene of the Atacama Desert, Chile", *Journal of Vertebrate Paleontology,* vol. 33, núm. 1, pp. 216-223.

Vásquez, P., C. Creixell y O. Figueroa (2011), "Geodiversidad del Parque Nacional Nahuelbuta", en *Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile*, No. 1, Actas, pp. 147-150.

Wimbledon, W. A. P., A. A. Ischenko, N. P. Gerasimenklo, L. O. Karis, V. Souminen, C. E. Johansson y C. Freden (2000), "Geosites – an IUGS initiative: science supported by conservation", en D. Barettino, W. A. P. Wimbledon y E. Gallego (eds.), *Geological Heritage: its conservation and management,* Madrid, pp. 69-94.

Colombia

Julián Esteban Jaramillo Zapata
Néstor Castro Quintero
José Humberto Caballero Acosta
Jorge Martín Molina Escobar
Universidad Nacional de Colombia,
Facultad de Minas, Sede Medellín

Introducción

Este capítulo tiene como objetivo examinar en forma general el patrimonio geológico colombiano. Se incluyen algunos antecedentes de trabajos realizados en el país y lugares potenciales para constituirse en patrimonio. Los criterios utilizados incluyen aspectos científicos, técnicos, culturales, económicos, recreativos y sociales, además de contribuir como un importante recurso didáctico, cultural y turístico.

Los autores admiten los limitantes de información sobre esta temática que aún persisten en el país, tanto desde el punto de vista científico como legal y, por supuesto, sobre su implementación. De acuerdo con las condiciones económicas, culturales y políticas colombianas actuales, es un asunto que con seguridad encontrará cada vez más adeptos, personas más sensibles, comunidades emprendedoras que reconozcan su patrimonio natural y que con esfuerzos mancomunados, como los que pretende este libro, permitan que la iniciativa del patrimonio geológico siga posicionándose en Latinoamérica.

Además, se hace un reconocimiento a todas las personas que han venido trabajando de tiempo atrás en el tema con criterio académico y también a aquellos que históricamente, quizás sin saberlo, han hecho grandes aportes a lo que hoy conocemos como patrimonio. Ello constituye el antecedente de los estudios realizados en Colombia, que han permitido identificar sitios y lugares de interés geológico y geotopos, entre otros, procurando no omitir, en la medida de lo posible, personas o trabajos inéditos. Los sitios y lugares que se mencionan en el texto corresponden a los conceptos y opiniones de los autores, con base más en

la evolución geológica del territorio y en la demografía colombiana y no tanto en metodologías rigurosas que ya se aplican en otras latitudes; por lo tanto su implementación se vuelve un reto.

Antecedentes

Algunos países y organizaciones han llevado adelante esfuerzos para la protección de las formaciones geológicas o geomorfológicas que forman parte de los recursos naturales no renovables con valor científico, cultural y educativo. Entre ellos, España con la Asociación Europea para la Conservación del Patrimonio Geológico (ProGEO) y la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero en 1995 (SEDPGYM); Estados Unidos con la International Union of Geological Sciences (IUGS), que en 1995 promovió el proyecto Global Geosites, apoyado posteriormente por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) con la creación de la Global Geoparks Network 2004 y el programa UNESCO Global Geoparks en 2015.

En Colombia se han adelantado algunos estudios sobre sitios específicos con el propósito de estimar su potencial como lugares de interés geológico. De igual manera, se tienen algunas propuestas metodológicas mejor adaptadas al contexto colombiano. En nuestro país el tema de patrimonio geológico se estudia desde los años ochenta, en algunas épocas con más apogeo y en otras con poca investigación. Al observar los avances obtenidos por iniciativas de otros países sobre los servicios geológicos, tales como ProGEO y Global Geoparks, desde hace varios años algunas personas e instituciones emprendieron el trabajo por el patrimonio geológico colombiano. Como resultado se han presentado ponencias a nivel nacional e internacional, se han escrito docenas de artículos y capítulos de libros y se vislumbra un trabajo grande por venir.

Estudios existentes relativos al patrimonio geológico en colombia

Las investigaciones sobre el patrimonio geológico y la geodiversidad de Colombia han contribuido a elevar el interés científico en esta temática en nuestro país, donde se han generado estudios y propuestas metodológicas útiles para su estudio y su valoración, con criterios que tienen en cuenta tanto el contexto geológico nacional, como su realidad sociopolítica, que deben fortalecerse con el fin de

lograr un inventario sistemático de lugares de interés geológico en contexto con las bases de datos internacionales. A manera de ejemplo se citan algunos estudios.

En febrero de 2002 se presentó la ponencia "El Patrimonio Geológico-Minero del Eje Cafetero, Cuenca del Rio Chinchiná", organizado por la geóloga Liliana Betancurth, en el Coloquio sobre el Patrimonio Geológico-Minero de Iberoamérica, realizado en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. En este se realiza un inventario preliminar de algunos lugares que presentan algún grado de singularidad y valoración.

Simultáneamente, Colegial *et al.* (2002) presentaron la investigación titulada: "Metodología para la definición, evaluación y valoración del patrimonio geológico y su aplicación en la geomorfología glaciar de Santander aplicada en el municipio de Vetas". Estos autores resaltan la ausencia de un marco legal específico dirigido a la protección del patrimonio geológico, si bien la ley 99 de 1993, a partir de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, incluye varios principios generales y artículos "susceptibles de ser interpretados como medidas de protección al patrimonio geológico, pero se hace necesario un reconocimiento oficial y explícito del mismo. En todo caso, la ley colombiana es parca y no protege lo correspondiente a la geología" (Colegial *et al.*, 2002). Al respecto, también puede citarse el decreto número 2703 del 22 de noviembre de 2013 del Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia, cuyo artículo 2, numeral 2, señala entre las funciones de la Dirección General de dicho Ministerio la de "Realizar las actividades necesarias para desarrollar e implementar las políticas de protección del patrimonio geológico o paleontológico del país" (Ministerio de Minas y Energía, 2013), aunque no incluye detalles al respecto.

Por otra parte, Molina y Mercado (2003) proponen esquemas y metodologías para el estudio de los geotopos y manifiestan la necesidad de iniciar su inventario, con el fin de reglamentar su protección, uso y mantenimiento. Así mismo, Torres y Molina (2005) expresan la conveniencia de estudios jurídicos para establecer mecanismos que permitan la declaración oficial de un objeto, sitio o espacio como patrimonio geológico y minero. En Antioquia, Cárdenas y Restrepo (2006) muestran los sitios de interés geológico de la Cuenca Carbonífera del Suroeste Antioqueño y su situación, y proponen su declaración como patrimonio geológico.

En las investigaciones de Torres *et al.* (2012), Uasapud (2013) y Jaramillo *et al.* (2014), donde se muestran algunos lugares de interés geológico (LIG) y la Geodiversidad que se encuentra en el territorio conformado por los municipios de Santa Fe de Antioquia, Olaya y Sopetrán en el departamento de Antioquia, proponen esta zona como candidata para ser declarada como patrimonio geoló-

gico. Ello dadas sus características paisajísticas y la existencia de afloramientos y relaciones geológicas visibles que permiten estudiar y entender parte de la evolución geológica del norte de Sudamérica.

El Grupo de Investigación en Geología Ambiental (GEA) liderado por el profesor Albeiro Rendón, de la Universidad Nacional de Colombia, ha impulsado en la región y en el país el concepto de patrimonio geológico de Antioquia. Algunos de sus trabajos se enfocan en propuestas de divulgación de los inventarios del patrimonio geológico del departamento (Henao y Cagaya, 2013) y una metodología para gestionar su valor (Rendón *et al*., 2013).

En el país también se encuentran museos considerados patrimonio geológico, entre ellos el museo de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, en la ciudad de Medellín, que presenta al visitante una colección de minerales y rocas, iniciada desde hace más de 100 años. Aunque se especializa en minerales, cuenta igualmente con una buena colección de fósiles y rocas aportados por investigadores de la región; tiene una exhibición permanente de unos 2 800 ejemplares (Universidad Nacional de Colombia, 2014).

Otro de los museos insignia del patrimonio geológico colombiano lo encontramos en el municipio de Villa de Leyva, en el departamento de Boyacá, en el oriente del país. Tiene una sala de exhibición con 542 fósiles, encontrados en su gran mayoría en el mismo municipio. La mayor parte de los especímenes de la colección datan de aproximadamente 130 millones de años, que corresponde al Cretácico Inferior, cuando gran parte del norte, centro y occidente de Colombia se hallaba cubierta por el mar. Los fósiles más antiguos del museo tienen edades que pueden variar entre 545 y 250 millones de años, pertenecientes a la era Paleozoica. Los fósiles fueron colectados en río Nevada (Santander) y en una localidad ubicada al norte del departamento de Boyacá conocido como El Macizo de Floresta. Los ejemplares más recientes son de hace unos 10.000 años (Universidad Nacional de Colombia, 2014).

El museo más representativo se encuentra en la ciudad de Bogotá; conocido como El Museo José Rollo y Gómez, fue fundado en 1939 por el geólogo español del mismo nombre (Servicio Geológico Colombiano, 2016). Contiene réplicas a escala natural de esqueletos de algunos animales prehistóricos encontrados en el país. Se destacan ejemplares como el Mastodonte de Pubenza (Tolima), el Megaterio de Villa Vieja (Huila) y el Elasmosaurio de Villa de Leiva (Boyacá). Cuenta con 38 000 piezas en total, 3 000 de las cuales se presentan al público de manera permanente (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2016).

Recientemente se han llevado a cabo varios eventos de carácter científico que incluyen dentro de su programación, los temas relacionados con el patrimonio

geológico del Colombia; de igual manera se han realizado cursos importantes que han contribuido a la divulgación entre comunidades científicas locales sobre el tema del patrimonio. Se citan como ejemplos el "I curso de patrimonio Geológico" en el 2012 y el II Curso de Patrimonio Geológico, en el 2014, celebrados en la ciudad de Medellín, Antioquia.

Evolución geológica de Colombia

En este apartado se hace una breve referencia a la historia geológica de Colombia como marco de referencia a los sitios que más adelante se proponen como de interés patrimonial. El territorio que hoy es Colombia ha sido el resultado de diversos procesos geológicos relacionados con la convergencia de las Placas Tectónicas de Sur América al Este, Nazca al Oeste y Caribe al Norte, además de algunas interacciones menos explicadas como la llamada Micro Placa de Panamá que se mueve al Sur Este en la región fronteriza entre las dos naciones. En la historia geológica del país se han combinado fenómenos de obducción y subducción, asociados a una intensa actividad tectónica, procesos orogénicos, magmáticos, volcánicos y metamórficos, así como procesos exógenos de meteorización, erosión y sedimentación que moldearon el relieve montañoso característico del territorio. Según Restrepo y Toussaint (1973), los Andes colombianos se consideran como el resultado de una secuencia de eventos orogénicos y de una serie de dominios oceánicos y continentales como lo son Sudamérica, Centroamérica, el Caribe y el Pacífico. El desplazamiento ocurrido durante el tiempo geológico de estos dominios, unos con respecto a los otros, es consecuencia del movimiento de placas en eventos orogénicos distintos. En la Figura 1 se ilustra de manera esquemática la evolución geológica de Colombia donde se puede observar la fragmentación del territorio nacional a partir de la edad de los eventos que marcan cambios en el tiempo de la evolución geológica del país.

Metodología de selección de los lugares de interés geológico

Los autores de esta iniciativa han venido trabajando en propuestas sobre patrimonio geológico a través del desarrollo de trabajos en geología y minería, visitando y conociendo los procesos de investigación en otros países u han realizado eventos científicos sobre la temática y produciendo diversas publicaciones. Como resul-

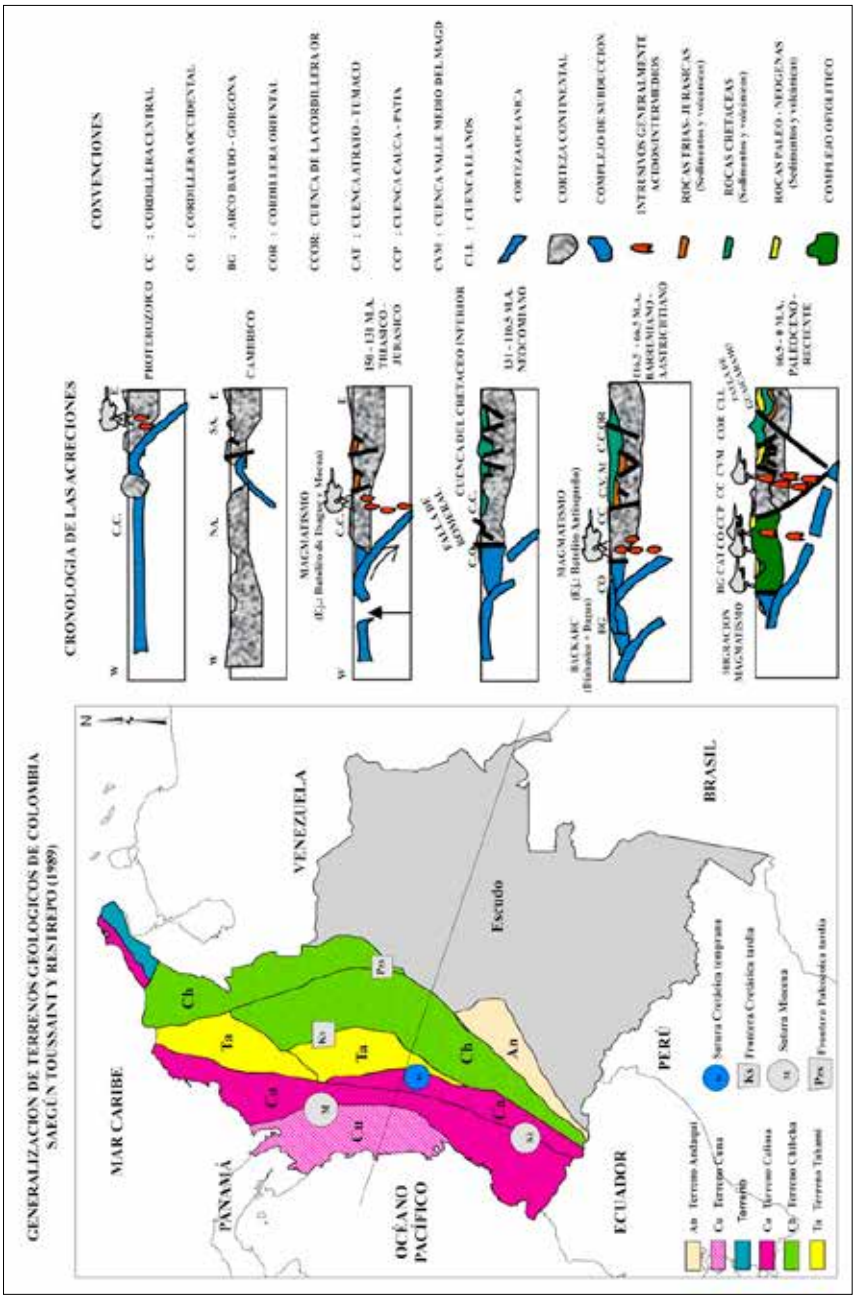


Figura 1. Unión de los eventos y modelo de la evolución geológica de Colombia. Modificado de Gómez *et al.* (2007).

tado se propone una forma de abordaje y clasificación de los lugares de interés geológico (LIG) más que una metodología.

Resulta un gran reto definir metodologías, realizar el inventario, la caracterización, su valoración, su puesta en marcha, y la elaboración de los planes de gestión con fines educativos y geoturísticos. Para realizar un trabajo de esta naturaleza resulta necesario tener una coordinación nacional para unir esfuerzos, personas, información e investigación.

El recién reformado Servicio Geológico de Colombia (SGC) retomó ese liderazgo desde 2014. El SGC sigue intentando reglamentar una metodología del patrimonio geológico, para lo cual existe una propuesta de decreto que está en proceso de ajustes y oficialización. También recientemente, en marzo de 2016, se divulgó una guía para el patrimonio geológico y paleontológico, realizada por el SGC con apoyo del Instituto Geológico y Minero de España.

El método que más se usa proviene del implementado por la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero; la posibilidad de tener un idioma común hace que muchos autores lo usen.

Selección de lugares y registro

Este capítulo intenta dar a conocer los sitios que a juicio de los autores tiene mayor importancia como LIG; sin embargo, no intenta jerarquizar ni valorar, ni se da una caracterización detallada de cada sitio; se muestra una descripción geológica piniendo énfasis en las cualidades para que sea considerado patrimonio.

Existen LIG del territorio colombiano que se proponen en esta investigación como patrimonio geológico teniendo en cuenta aspectos como los procesos geológicos que dieron su origen, su singularidad, su valor escénico, su valor como atractivo turístico, entre otros. A continuación se mostrarán algunos lugares representativos de las diferentes zonas geográficas del país (Figura 2).

Isla Gorgona (Departamento del Cauca)

Ubicación: La Isla Gorgona se encuentra en el océano Pacífico (Figura 3), a 60 km del municipio de Guapi, Cauca. Tiene un área aproximada de 45 km^2 y su máxima elevación es la Sierra de la Trinidad con 330 msnm (Parada y Tchegliakova, 1990). La Isla fue utilizada como prisión durante 23 años y luego

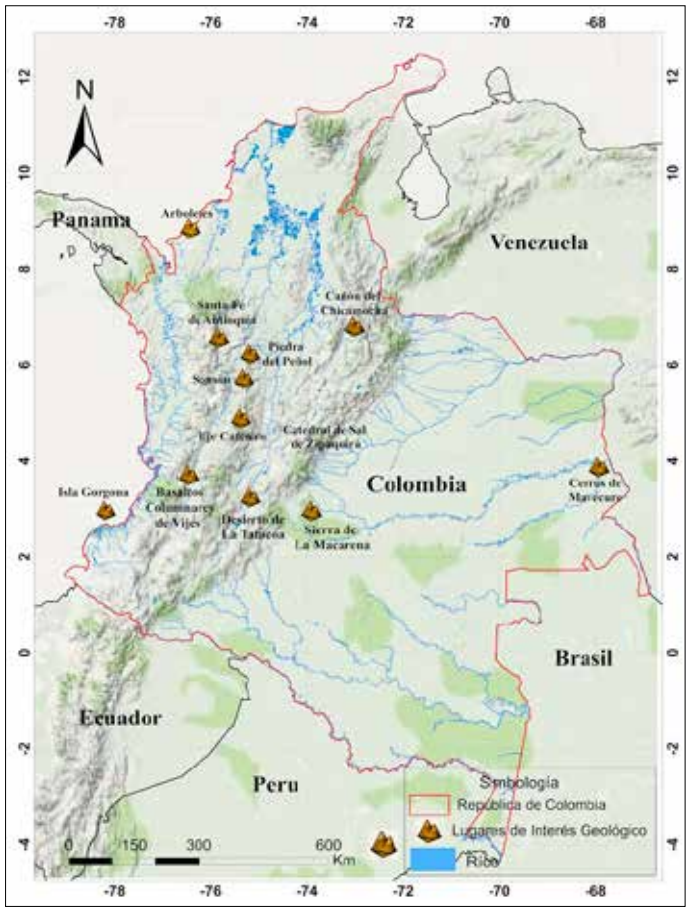


Figura 2. Ubicación de los Lugares de Interés Geológicos propuestos. Digitalización de imagen: Marvin Mosquera, 2016.

convertida en parque nacional en el año de 1985 (Figura 4a). Su riqueza en fauna y flora son un atractivo para el turismo y para las personas que practican el buceo, donde encuentran variedad de tortugas marinas, mantas, arrecifes de coral, tiburones, delfines y ballenas (Figura 4b).

Aspectos geológicos: Las características petrológicas de Gorgona son consideradas únicas entre todas las mesetas oceánicas reconocidas en la Tierra ya que esta isla representa la clave para la comprensión de la formación de las grandes provincias magmáticas. Gorgona está conformada por rocas ígneas extrusivas y

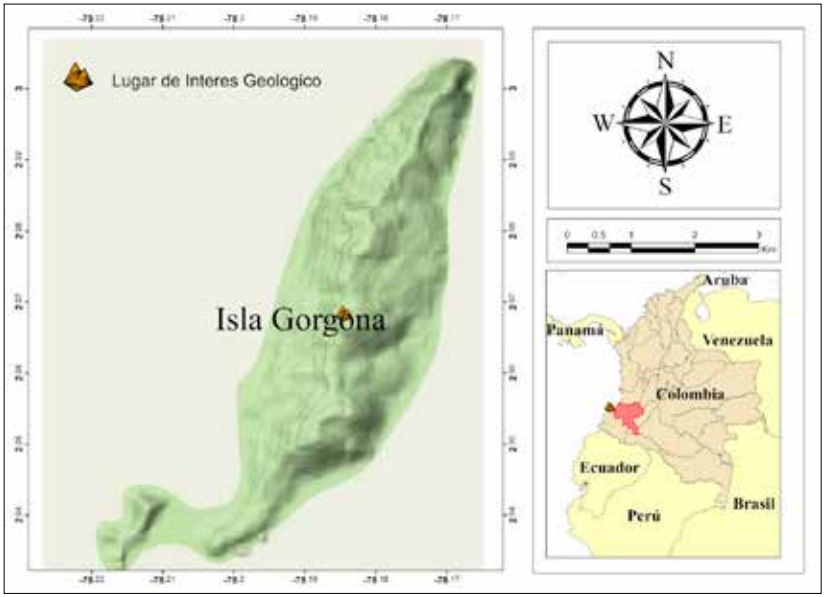


Figura 3. Gorgona como Lugar de Interés Geológico.

Figura 4 a. Panorámica Isla Gorgona (Fotografía: Jorge Montoya, 2016). Figura 4 b. Afloramiento en la isla Gorgona llamado "El Viudo". (Fotografía: Andrés M. Álzate, 2016).

rocas sedimentarias de edad Terciaria y Cuaternaria. El principal rasgo estructural está dado por la falla de Tarzán, que corre en sentido NE a lo largo del eje de la isla y repite parcialmente la secuencia al W de la misma. El complejo ígneo consiste de base a techo de peridotitas, gabros, alguno de ellos poikilíticos, lavas almohadilladas de composición basáltica, donde aparecen los flujos Komatiíticos

en forma intercalada y, por ultimo, una brecha tobácea ultramáfica (Echeverría, 1982).

La formación de Komatiitas, rocas muy escasas a nivel mundial en tanto formación natural, se caracterizan por haber sido conformadas principalmente en el periodo Precámbrico, debido a que los requerimientos de temperatura necesaria para su formación solo existieron en el planeta hace más de 2 000 millones de años. Lo impresionante de las Komatiitas de Gorgona, y por lo cual son únicas en el mundo, es que se originaron en el periodo Cretácico (Arndt y Révillon, 1998).

Atractivo: Hace un poco menos de 30 años la isla de Gorgona era conocida por alojar la prisión más tenebrosa del país. De aquellos años hoy solo quedan las ruinas destruidas por la selva. Gorgona se convirtió y hoy en día es uno de los escenarios naturales más ricos de Colombia.

Además de ser un laboratorio para los científicos de las ciencias de la tierra es un atractivo paisajístico que da la sensación que todo está por descubrir.

Cadena de volcanes de lodo en la región Caribe

Ubicación: En el borde occidental del Caribe colombiano, entre la zona de Urabá y la ciudad de Barranquilla, se encuentra una cadena de volcanes de lodo. Uno de los ejemplos más representativos es el volcán de lodo de Urabá, ubicado dentro de la zona urbana del municipio de Arboletes Antioquia, al cual se llega desde la ciudad de Montería recorriendo una distancia de 69 km aproximadamente por una vía pavimentada, comercial y turística.

Aspectos geológicos: Los "volcanes de lodo" se denominan geológicamente como "Diapirismo de Lodos". Este fenómeno se origina por la presencia en profundidad de material arcilloso (de características plásticas) y gases en condiciones de alta presión, que se moviliza hacia la superficie a través de fracturas o zonas de debilidad, generando tanto levantamientos y fracturamiento del terreno como expulsión de lodos y gases por bocas de variadas formas y tamaños (Carvajal, 2011).

Las geoformas, como los domos, colinas e islas, localizadas en el borde occidental del Caribe colombiano, entre Urabá y Barranquilla, deben su origen, tanto a los levantamientos del terreno generados por el fenómeno del "Diapirismo de Lodos", como al efecto compresivo continental de las placas Caribe y Suramérica (Hermelin, 2015). El fenómeno es típico del llamado Cinturón del Sinú, faja de rocas presentes en la región costera colombiana entre el Golfo de

Urabá y Barranquilla. La investigación se puede observar con más detalle en el "Catálogo de volcanes de lodo» del Caribe central colombiano (Carvajal, 2011).

Atractivo: El volcán de lodo del municipio de Arboletes es un símbolo turístico de la región de Urabá, atractivo principal como lugar de descanso y para ser utilizado como exfoliante natural. Cabe resaltar la riqueza paisajística y gastronómica que aportan todos los municipios cercanos: Apartadó, Turbo, Necoclí en Antioquia y Montería en Córdoba. La Figura 5 muestra una panorámica del volcán de lodo en la región de Urabá en el municipio de Arboletes.

Santa Fe de Antioquia (Departamento de Antioquia)

Ubicación: Santa Fe de Antioquia se encuentra localizado en el occidente medio del departamento de Antioquia, a la altura de río Cauca, donde se llega tomando como punto de inicio la ciudad de Medellín por la vía del túnel de Occidente en un recorrido aproximado de 60 km (Jaramillo *et al.*, 2014).

Aspectos geológicos: Las características geológicas y geomorfológicas del municipio de Santa Fe de Antioquia tienen unos LIG que cumplen con los criterios de patrimonio geológico reconocidos. (Torres *et al.*, 2012; Uasapud, 2013 y Jaramillo *et al.*, 2014). Santa Fe de Antioquia posee lugares que son considerados LIG, como es el caso de Cenizas volcánicas, Cinturón Ultramáfico, los Depósitos Recientes, las Lateritas de Santa Fe de Antioquia, La quebrada La Tunala y el Mirador de Las Crucetas (Figura 6). Además, Santa Fe es propuesto como patrimonio geológico a escala departamental (Uasapud, 2013).

Atractivo: Durante las diferentes campañas de reconocimiento y caracterización de esta zona se pudo observar la alta calidad escénica de los paisajes de

Figura 5. Volcán de lodo, municipio de Arboletes, Antioquia. Fotografía: Henry Carvajal, 2015.

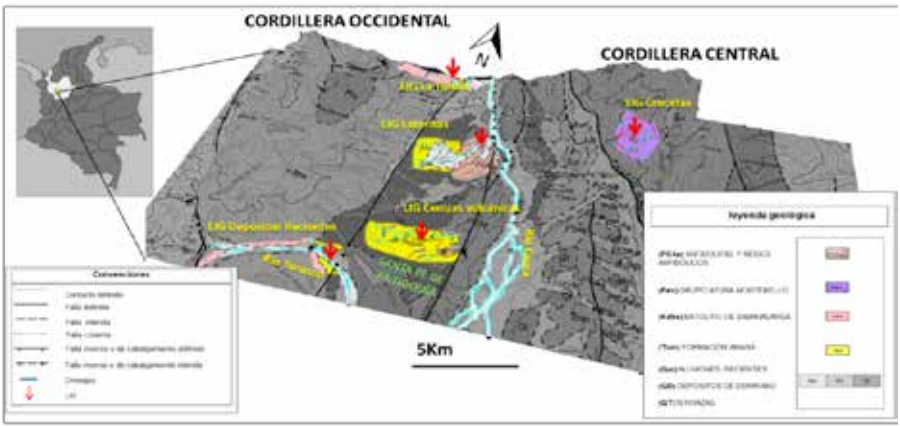


Figura 6. LIG en Santa Fe de Antioquia. Fuente: Jaramillo *et al.* (2014).

la región (Figura 7). Las características climáticas y la dinámica hidrológica que ayudan a modelar el paisaje, permiten además observar las diferencias topográficas que corresponden a cambios litológicos y lineamientos que corresponden en algunos casos a trazos de fallas; características de depósitos recientes, entre otros aspectos, que en conjunto forman paisajes muy particulares en su morfología,

Figura 7. Panorámica del Cañón del río Cauca visto desde el Puente de Occidente, municipio de Santa Fe de Antioquia. Fotografía: Víctor Díaz, 2014.

lo cual es suficiente para ser considerado dentro del patrimonio geológico de Colombia.

Adicionalmente, Santa Fe de Antioquia es un municipio reconocido en el país por su gran flujo turístico debido a su arquitectura e historia colonial, en donde se han realizado numerosos eventos y festivales de cine.

Basaltos Columnares de Vijes (Departamento del Valle del Cauca)

Ubicación: Vijes es un municipio del Valle del Cauca, a 31 km aproximadamente de la ciudad de Cali. Allí se puede ver un afloramiento de Basaltos columnares que hace parte del Complejo Geológico de la Cordillera Occidental.

Aspectos geológicos: El Complejo Cordillera Occidental está asociado en similitud con la litología de las rocas del Complejo Amaime, por lo tanto hace difícil su delimitación hacia el oriente (Andrés *et al.*, 2002); además, los definen como conformación de la asociación tectónica de rocas volcánicas básicas efusivas tales como gabros, ultramafitas, piroclástitas básicas, pelagitas, hemipelagitas y rocas terrígenas de granulometría variable. Los datos geoquímicos sugieren que gran parte de este complejo está formado por basaltos de meseta oceánica (*plateau basalts*) afines a la Placa Caribe.

Figura 8. Basaltos Columnares. Fotografía: Leonel García, 2012.

Atractivo: Sin duda la formación de Basaltos Columnares es llamativa por sí misma (Figura 8), debido a que atrapa las miradas del turista que llega alrededor del municipio. Los basaltos Columnares son formaciones regulares de pilares subverticales, con forma de prismas poligonales, normalmente hexagonales, que se forman por rotura de la roca durante el enfriamiento de lava basáltica *in situ*; situación que los hace especiales y arquitectónicamente interesantes por su estructura recta e imponentes. Adicional a lo anterior, el municipio de Vijes cuenta con una serie de lagos de pesca deportiva y balnearios concurridos.

Cerros "Pan de Azúcar" en Colombia

En Colombia hay varios ejemplares de "Pan de Azúcar" llamados así a las montañas de poca elevación y cónicas con cumbres redondeadas, similares al alimento a base de pan.

Mavecure, Mono y Pajarito. (Departamento de Guainía)

Ubicación: Situados al suroriente de Colombia en la selva del Guainía, a 50 kilómetros al sur de la ciudad de Inírida.

Aspectos geológicos: Mavecure, Mono y Pajarito son tres macizos rocosos de cumbres redondeadas atravesados por el río Inírida perteneciente al escudo Guayanés y con una altura promedio de 250 metros, (Figura 9). Estos pan de azúcar son conformados principalmente por granitoides de diferentes afinidades, entre ellos el granito rapakivi de Matraca y el granito rapakivi de Danta (Amed Bonilla *et al.*, 2016).

Figura 9. Cerros Mavecure, Mono y Pajar. Fuente: Panoramio Google Maps, 2016.

Atractivo: En medio de una planicie bañada por ríos caudalosos sobresale en forma imponente estos cerros de Mavecure, con su espectacular belleza de formas exóticas que deja perplejo a los visitantes.

Piedra del peñol. (Departamento de Antioquia).

Ubicación: Localizada en el municipio de Guatapé a 70 kilómetros de Medellín. Esta geoforma constituye un atractivo turístico de importancia en el departamento de Antioquia, la cual presenta una masa de roca de 220 metros de altura (Figura 10. b).

Aspectos geológicos: La piedra hace parte del batolito antioqueño considerado como la mayor intrusión calco-alcalina de una extensión de 8000 kilómetros cuadrados en la parte norte de la Cordillera Central de los Andes Colombianos (Ordoñez y Pimentel, 2001).

La gente del común habla de su formación con mucho folclor, es decir, explicaciones metafóricas o místicas, poco soportadas en aspectos geológicos pero valiosos a la hora de su divulgación. Tal masa ha sido esculpida por procesos erosivos en una zona en que el diaclasamiento, a gran escala ha permitido la conformación de masas considerables libres de fracturas.

Atractivos: A su cumbre se puede acceder mediante el ascenso de 649 escalones (Ver figura 10 a, y desde su cima se puede observar completamente el embalse de Guatapé); esta represa es uno de las más importantes del país en cuanto a generación de energía eléctrica y fines recreativos (Figura 10. b).

Figura 10. a) Vista desde la parte superior de la piedra del Peñol. b) Piedra del Peñol. Fotografía: Jorge Molina, 2015.

Sistema kárstico de la Danta (Sansón, Departamento de Antioquia)

En Colombia se presentan cavernas que clasifican de acuerdo con los criterios de lugares de interés geológico, como es el caso de las cavernas de Alicante en el municipio de Maceo Antioquia, las cavernas del Nus, en el municipio de Caracolí Antioquia y el Sistema kárstico de la Danta en Sonsón Antioquia.

En este trabajo nos centraremos en el Sistema kárstico de la Danta, Sonsón Antioquia (Figura 11) que la gente del común también denomina como "El templo del tiempo".

Ubicación: Se encuentra entre dos grandes ciudades de Colombia (Bogotá y Medellín). Se llega al lugar por vía terrestre en un trayecto aproximado de 130 km desde la ciudad de Medellín y 290 kilómetros desde la ciudad de Bogotá.

Aspectos geológicos: La región se encuadra en el área estructural de la Cordillera Central en el Grupo Calcáreo del conjunto denominado Rocas Metamórficas de la Cordillera Central, compuesto por materiales de edad Paleozoica, representados por gneises feldespáticos y alumínicos, esquistos cuarzo sericíticos, cuarcitas, anfibolitas y mármoles (Feininger *et al*., 1972) en los que se forman las cavernas. El mármol se halla en el eje de un sinclinal bajo, donde se encuentran, de base a techo, calizas, gneises y esquistos (Liebens, 1987).

Restrepo (2011) describe el sistema kárstico de la Danta, como una formación de varias cavernas, siendo la más importante La Gruta, la cual se

Figura 11. Entrada de la caverna La Gruta. Fotografías: María T. Flórez: 2014.

encuentra acompañada de otras dos cavidades; una al norte llamada Marlene y otra al sur denominada Heider.

La Danta tiene un desarrollo vertical de 35 metros, donde se definen cuatro niveles, el desarrollo del primer nivel tiene una dirección principal EW y 220 metros de longitud. Su mayor interés radica en que es una caverna activa con circulación de agua, permitiendo las condiciones de vida óptima para las poblaciones de guacharos (Steatornis caripensis) que allí habitan.

La entrada de la caverna presenta un salón de gran altura, que deja ver la salida de tres niveles. Uno de los rasgos espeleológicos notables del primer nivel es la erosión de las paredes en tres partes bien diferenciadas (costillas), como también algunos sistemas de estalactitas siguiendo el diaclasado de la roca (Restrepo, 2011).

Atractivo: Sitio exclusivo para los visitantes que se sienten transportados al pasado, y por ello se le denomina el "templo del tiempo", pues allí jornadas de meditación y de turismo ecológico no se sienten pasar

Eje cafetero
(Departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío)

Ubicación: La zona de interés está localizada al oeste de la Cordillera Central de Colombia, al suroeste del departamento de Caldas, en la región llamada eje cafetero. Esta zona se caracteriza por presentar dos unidades fisiográficas, la primera de ellas denominada Llanuras, vegas y terrazas de origen sedimentario localizadas sobre las márgenes de los ríos Magdalena y Cauca; la segunda unidad corresponde a la región de la Cordillera Central y Occidental que conforman las partes más predominantes de la región central del territorio caldense con gran variedad de paisajes y subpaisajes (Betancurth, 1999).

Aspectos geológicos: Esta región se caracteriza por presentar dos unidades fisiográficas, la primera de ellas denominada llanuras, vegas y terrazas de origen sedimentario localizadas sobre las márgenes de los ríos Magdalena y Cauca; la segunda unidad corresponde a la región de la Cordillera Central y Occidental que conforman las partes más predominantes de la región central del territorio caldense con gran variedad de paisajes y subpaisajes (Betancurth, 1999).

La variada topografía es derivada de la Cordillera Central y Occidental, así como de las hoyas hidrográficas de los ríos Magdalena y Cauca. El relieve de la zona varía desde 5 400 m.s.n.m. en el Ruíz hasta más o menos 100 msnm en la Dorada, sobre el río Magdalena.

Atractivo: El eje cafetero presenta una variedad de lugares que contiene algún grado de singularidad en virtud de una serie de valores (rareza, importancia, interés, singularidad, etc.) y que se pueden observar en la región de la Cuenca del río Chinchiná (Betancurth, 1999). Además, existe un interés en las diferentes geoformas que han sido aprovechadas para actividades turísticas y en algunos casos científicos y educativos (Figura 12).

Cañón del Chicamocha (Departamento de Santander)

Otros lugares de interés geológico son conocidos más por su atractivo turístico, paisajístico, económico, gastronomía y otros, que por la importancia que tiene la evolución geológica para su formación, es el caso del Cañón del Chicamocha.

Figura 12. Mosaico de LIG en el Eje Cafetero. Fuente: tomado de Betancurth (1999).

Ubicación: Se encuentra localizado a 54 kilómetros de la ciudad de Bucaramanga, en el departamento de Santander.

Aspectos geológicos: El cañón es el resultado de la evolución geológica, tectónica, estructural y las actividades antrópicas de la zona, la cual se esculpió por la incisión del río Chicamocha y la influencia de los procesos tectónicos derivados de las fallas que recorren este territorio, dando origen a un cañón con aproximadamente 227 km de largo y 2000 metros de profundidad (Figura 13).

En el "Estudio básico para la declaratoria de un área natural protegida en el Cañón del Chicamocha-Jurisdicción CDMB", se pueden observar características propias del sitio y un inventario de la biodiversidad (CDMB, 2014**).**

Atractivo: Sitio ideal para la recreación y la práctica de deportes extremos. Si bien su principal atractivo son sus exuberantes paisajes, no existe un soporte científico que le explique a sus visitantes los procesos geológicos que dieron origen a este sitio.

Catedral de Sal de Zipaquirá (Departamento de Cundinamarca)

Ubicación: La Catedral de Sal de Zipaquirá se encuentra en el municipio de Zipaquirá, en el departamento de Cundinamarca, a 48 kilómetros de Bogotá y a 2 652 msnm. Tiene una temperatura promedio de 14 ºC. Es uno de los lugares turísticos más importantes del departamento y se trata de una antigua mina subterránea de sal convertida en iglesia católica (Figura 14).

Figura 13. Cañón del Chicamocha como centro turístico. (Fotografía: Natalia Jaramillo 2014).

Figura 14. Catedral de Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia. Fotografía: Stephany Pinto, 2014.

Aspectos geológicos: En los recorridos se cuenta de manera didáctica cómo se formó un domo de sal en el altiplano cundiboyacense, depositándose hace 200 millones de años cuando el mar inundaba estas tierras y luego, por la ocurrencia de procesos tectónicos, se elevó hace 30 millones de años.

Atractivo: La Catedral de Sal es una de las obras de ingeniería más importantes del país y uno de los principales lugares turísticos del departamento de Cundinamarca, patrimonio histórico, cultural y religioso (Figura 15).

Esta obra subterránea tiene una profundidad de 160 metros aproximadamente y una capacidad para albergar hasta 3 000 personas.

Desierto de La Tatacoa (Departamento del Huila)

Ubicación: El Desierto de La Tatacoa es la segunda zona árida más extensa de Colombia después de la península de la Guajira. Es uno de los escenarios naturales más atractivos y ocupa unos 330 km^2 en la parte sur de la cuenca del río Magdalena (Figura 16). Esta región semiárida que se encuentra localizada al norte del Departamento del Huila, a 38 kilómetros desde la ciudad de Neiva y 10 kilómetros de Natagaima en el Tolima.

Aspectos geológicos: Este desierto ha sido nombrado de dos formas según los guías turísticos de la zona: 1) Desierto de La Tatacoa, que es el más común,

Figura 15. Catedral de Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia. Fotografía: Stephany Pinto, 2014.

Figura 16. Desierto de La Tatacoa. Fotografía: Camila Duque, 2016.

y se lo asignaron por las serpientes cascabel y 2) El Valle de las Tristezas, como la llamó en 1538 el conquistador Jiménez de Quesada. De cualquiera de las dos denominaciones este lugar se refiere a un rico yacimiento de fósiles y destino turístico (Figura 17).

Su formación se remite al Terciario donde se acumularon las rocas que conforman el subsuelo y las condiciones de aridez actuales se formaron en la edad cuaternaria (Flórez et al 2013). Este aspecto es relevante porque los estratos son yacimientos fosilíferos de importancia mundial (estudios de primate y murciélagos) pero también se le puede considerar una especie de refugio de especies vivas típicas de condiciones secas que tuvieron una distribución mayor en el Pleistoceno.

Históricamente los fósiles han sido la principal motivación para estudiar las rocas que afloran en el desierto de La Tatacoa; La referencia de este LIG se apoya en la investigación de Flórez et al (2013), con los trabajos de (Stille, 1907, 1938; Royo y Gómez 1942; Fields, 1959, Stirton, 1953; Van Houten and Travis, 1958; Welman 1970; Takemura, 1986; Guerrero, 1991, 1993; Villarroel et al., 1996). Por lo tanto, la zona está cubierta por rocas sedimentarias clásticas de ambientes fluviales y lagunares del Mioceno Superior.

Atractivo: Sin duda "El desierto de La Tatacoa" es un LIG donde se pueden realizar diversos recorridos temáticos para observar las características geológicas antes mencionadas. Además, posee las condiciones geográficas y atmosféricas que

Figura 17. Desierto de La Tatacoa. Fotografía: Ana Cardona, 2015.

permite la observación de los cuerpos celestes a causa de que no cuenta con la polución lumínica ni auditiva típica de grandes centros poblados. Por lo tanto, este atractivo llama mucho la atención de los turistas que pernoctan allí para disfrutar del silencio y el paisaje.

Cerca al desierto de la Tatacoa a 200 Km se encuentra el municipio de San Agustín la cual es visitada por miles de turistas nacionales y extranjeros por su atractivo arqueológico, geodiversidad, arquitectura y práctica de deportes extremos.

Sierra La Macarena (Departamento del Meta)

Ubicación: La sierra de La Macarena está ubicada en el departamento de Meta, en el piedemonte andino de la selva amazónica. Es el punto de encuentro de los ecosistemas andino, amazónico y orinocense.

Aspectos geológicos: Aunque la Serranía se encuentra cerca de la Cordillera de los Andes, sus orígenes son diferentes. Los Andes son una cordillera relativamente joven, mientras que La Macarena es una de las formaciones más antiguas del planeta (Escudo Guyanés) (Hernández *et al.*, 1992), esto significa que los organismos que la habitan tienen una larga historia evolutiva que ha producido especies únicas y adaptadas a las condiciones particulares de la Serranía, esto le confiere un gran interés.

Atractivo: La Macarena ha sido catalogada como un lugar excepcional para el desarrollo y la evolución de la vegetación y la fauna de origen guyanense, amazónico, andino y orinocense; estas características son extensibles a la "Zona de Preservación Serranía de La Lindosa" y a la "Zona de Preservación Vertiente Oriental", donde los grupos de plantas y animales que se han encontrado y que las primeras han sido coleccionadas en África y muchos de los segundos son de procedencia marina (Fernández y Pinto, 1967). Es un ecosistema estratégico prioritario, y refugio prioritario, al ser depositaroa del patrimonio natural más representativo de la biodiversidad colombiana (Bernal, 1998) (Figura 18).

Otra de las razones que le confieren una alta geodiversidad es su posición geográfica. Por un lado está cercana a la Cordillera Oriental Colombiana, lo que ha permitido un flujo de migración hacia la Serranía, y por otro lado se encuentra localizada, dentro de la Selva Amazónica, por lo que gran parte de su biodiversidad tiene origen en esta región. Dado que limita con la frontera norte de la selva

Figura 18. Parque Nacional sierra La Macarena. Fotografía: Javier Severiche, 2015.

y las sabanas de los llanos orientales, es de esperar la presencia de especies típicas de la Orinoquia.

Dentro de esta zona se encuentra Caño Cristales; un rio dentro del Parque Nacional La Macarena comprendido por una sucesión de rápidos, cascadas de agua limpia y translucida la cual permite ver en el fondo los colores que son recreados por diferentes tipos de plantas y algas (Ver Figura 18). Alguno de los lugares para visitar son el Salto del Águila, El tapete, Los Pianos, Cascada Blanca, Piedra negra, las Tablas de la Ley y caño cafuche.

Comentarios finales y agradecimientos

Los autores le agradecen el esfuerzo de los editores por gestionar esta publicación y a las diferentes personas que facilitaron documentación. De igual se hace un reconocimiento respetuoso a las personas naturales e instituciones que, de manera explícita o implícita, han venido trabajando en estos temas, y que seguramente varios de ellos no han sido nombrados aquí sin ningún criterio de omisión. También resulta oportuno mencionar el aprendizaje que se ha tenido al compartir con otros autores en España, Portugal y Latinoamérica. También se reconoce que en Colombia se requiere de una institución, grupo o una red de trabajo "oficial"

para avanzar en un inventario nacional, en metodologías para su clasificación, valoración, puesta en marcha, conservación, priorización de investigación, y que se piense en rutas geológicas y de geodiversidad, entre otros aspectos, de tal forma que se posicione más el patrimonio geológico, se generen mayores proyectos regionales y puntuales, mayor inclusión y compromiso de la comunidad, de las autoridades, de la jurisprudencia, de aportes económicos y de la sensibilización de los decisores. Hay en el país un avance notorio en otros temas de patrimonio cultural, arquitectónico y religioso, por lo que el geológico podría impulsarse más. Seguramente algunos de estos aspectos podrán ser comunes en Latinoamérica y podría pensarse en un programa o lineamientos de trabajos similares que busquen que organismos multilaterales, como la OEA, Ministros de las Américas, MERCOSUR, Comunidad Andina de Naciones, entre otras, promuevan un plan de patrimonio geológico.

Referencias

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C (Ed.). (2016). Museo Geológico Nacional. Bogotá, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá. [http://www.bogotaturismo.gov.co/museo-geologico-nacional-jose-royo-y-gomez].

Arndt, N. y S. Révillon (1998), Estudio Petrográfico y geoquímico de las rocas volcánicas y plutónicas de la Isla Gorgona. Informe, Universidad de Rennes, Rennes, Francia, 8 pp.

Bernal 1998. Parques naturales de Colombia. Recuperada de http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.0115.

Betancurth, L. (1999), El patrimonio geológico-minero del eje cafetero cuenca del río Chinchiná-Colombia, tesis de grado, Universidad de Caldas, Manizales.

Bonilla, A., Frantz, J.C., Charão-Marques, J., Cramer, T., Franco, J.A., Amaya, Z. 2016. Magmatismo rapakivi en la cuenca media del río Inírida, departamento de Guainía, Colombia. Boletín de Geología, 38 (1): 17-32.

Cárdenas, I y C. Restrepo (2006), "Patrimonio geológico y patrimonio minero en la Cuenca Carbonífera del Suroeste Antioqueño", *Revista Boletín Ciencias de la Tierra,* núm. 18, pp. 91-102.

Carvajal, J. H. (2011), *Características del «Volcanismo de lodo» del Caribe central Colombiano,* Ingeominas, Bogotá.

Carvajal, J. H. (2015), "Mud Diapirism in the Central Colombian Caribbean Coastal Zone in Landscapes and Landforms of Colombia", en Hermelin, M. (ed.), *Landscapes and Landforms of Colombia*, Springer, pp. 35-54. [http://goo.gl/5LSzmc].

CDMB (2014), Bucaramanga, Colombia: Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. [http://www.cdmb.gov.co/web/dmdocuments/INFORME%20FINAL%20CHICAMOCHA.pdf].

Colegial, J. D., G. Pisciotti, E. Uribe (2002), "Metodología para la definición, evaluación y valoración del patrimonio geológico y su aplicación en la geomorfología glaciar de Santander (municipio de vetas)", *Revista Boletín de Geología*, vol. 24, núm. 39, pp. 121-135.

Echeverria, L. M. (1982), "Komatiites From Gorgona Island, Colombia", en Arndt, N. T. y E. G. Nisbet (eds.), Komatiites, Johm Allen & Unwin, Londres, pp. 190-210.

Feininger, T., D. Barrero y N. Castro (1972), *Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (subzona II: B Oriente del departamento de Antioquia),* Boletín Geológico, Ingeominas, Bogotá.

Fernández, Olivares y Pinto (1967), *Parques Naturales de Colombia*. [http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.0115].

Flórez M. M.T., Parra S. L.N., Jaramillo J. D.F. y Jaramillo J. J.M. 2013. Paleosuelos del Mioceno en el desierto de la Tatacoa. Rev. Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales XXXVII (143): 229-244.

Gómez, J., A. Nivia, N. E. Montes, D. M. Jiménez, M. L. Tejada, M. J. Sepúlveda, J. A. Osorio, T. Gaona, H. Diederix, H. Uribe, M. Mora (comps.; 2007), Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1'000.000. INGEOMINAS, Bogotá, 2 hojas.

Henao, A. M. y J. Cagaya (2013), Propuesta para la divulgación del inventario de reconocimiento del patrimonio geológico del departamento de Antioquia-Colombia caso aplicativo, Universidad Nacional de Colombia.

Hernández C. J., Hurtado G. A., Ortiz Q. R., Walschburger T. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. pp.: 105-151. En: La Diversidad Biológica de Iberoamérica I. G. Halffter, (ed). Acta Zoológica Mexicana, Instituto de Ecología, A.C., México, México.

Jaramillo, J. E., H. Caballero, J. M. Molina (2014), "Patrimonio Geológico y Geodiversidad: bases para su definición en la zona andina de Colombia: caso Santa Fe de Antioquia. Departamento Antioquia, Colombia", *Boletín Ciencias de la tierra*, núm. 35, Medellín.

Liebens, J. (1987), "Estudio geomorfológico de los karts de Río Claro", en *Seminario Gerardo Botero Arango. Geología de la Cordillera Central en Colombia. I Memoria,* Medellín.

Ministerio de Minas y Energía (2013), Decreto 2703, por el cual se establece la estructura interna del Servicio Geológico Colombiano SGC y se determinan las funciones de sus dependencias, República de Colombia.

Molina, J. M. y M. Mercado (2003), *Patrimonio geológico, minero y geoturístico. Enfoque conceptual y de casos en Colombia*, Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), Colombia.

Ordoñez O. y M. Pimentel (2001), "Consideraciones Geocronológicas e isotópicas del Batolito Antioqueño. Colombia. Antioquia", *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, vol. XXV, núm. 94, pp. 27-35. [http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_25/94/27-35.pdf].

Panoramio Google Maps (2016), Cerros de Mavecure desde el Río, Federico Explorador. [goo.gl/dd6eTe]

Parada, C. y N. Tchegliakova (1990), "Foraminíferos y sedimentos de Playa Blanca, Isla Gorgona", *Geología Colombiana*, núm. 17, pp. 227-237.

Pardo-Trujillo, A., M. Moreno-Sanchez, A. de J. Gomez-Cruz (2002), "Estratigrafía de algunos depósitos del Cretáceo superior en las cordilleras central y occidental de Colombia: implicaciones regionales", *GEO-ECO–TROP.*, núm. especial 26/2. [http://www.geoecotrop.be/uploads/publications/pub_262_142536.pdf].

Rendón, A, A. M. Henao, J. Cagaya (2013), "Propuesta metodológica para la valoración del Patrimonio Geológico, como base para su gestión el departamento De Antioquia – Colombia", *Boletín Ciencias de la Tierra*, núm. 33, pp. 85-92.

Restrepo, C. (2011), "El sistema kárstico de La Danta (Sonsón-Antioquia) Colombia", *Dyna*, año 78, núm. 169, pp. 239-246.

Restrepo, J. J y J. F. Toussain (1973), *Obducción Cretácea en el Occidente Colombiano* (folleto), Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Minas, Medellín.

Servicio Geológico de Colombia (Ed.) (2016). Museo Geológico José Royo y Gómez. Bogotá, Colombia: http://www.sgc.gov.co/Geologia/Museo-Geologico-Jose-Royo-y-Gomez.aspx.

Torres, H, J. M. Molina (2012), "Aproximación al patrimonio geológico y geodiversidad en Santafé de Antioquia, Olaya y Sopetrán, departamento de Antioquia, Colombia", *Boletín Ciencias de la Tierra*, núm. 32, pp. 23-34.

Torres, H., J. E. Jaramillo, J. M. Molina, H. Caballero (2012), "Patrimonio Geológico y Geodiversidad en Santa Fe De Antioquia y Olaya, Departamento de Antioquia, Colombia", *Libro Actas de XIII Congreso Internacional sobre patrimonio Geológico y Minero,* 17ª Sesión científica de la SEDPGYM, pp. 327-298.

Uasapud, N. V. (2013), *El cañón interandino del río Cauca al occidente de Medellín ¿Colombia, como patrimonio geológico a escala departamental?*, Universidad Nacional Medellín.

Universidad Nacional de Colombia (ed.; 2014), *Geociencias*. [http://www.unalmed.edu.co/geociencias].

Universidad Nacional de Colombia (ed.). (2014). Uniciencias. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/web/dependencia/?itpad=718&niv=1&itact=819&ti=false&itroot=718&dep=24.

Cuba

Ana A. Serra Díaz
Especialista retirada, Oficina Nacional de Recursos Minerales

Manuel A. Iturralde-Vinent
Curador retirado, Museo Nacional de Historia Natural

Introducción

La explotación de los recursos naturales de origen geológico forma parte indivisible de la historia y desarrollo de la sociedad, a la vez que esos propios recursos son el resultado de la historia de la evolución de nuestro planeta. Es por eso que, a veces un poco tarde, pero ciertamente cada día con mayor profundidad, hemos comprendido la importancia de conservar esas historias, presentes y del pasado, como parte de nuestro patrimonio tangible e intangible.

Otro aspecto muy vinculado a este asunto es la protección del medio ambiente, procurando que la explotación de los recursos naturales no se convierta en una espada de Damocles para el desarrollo de la sociedad, al crear afectaciones ambientales que necesiten de la inversión de cuantiosos recursos para controlarlas. El antiguo concepto de que la naturaleza es pródiga y podemos servirnos de ella sin límites hace años que pasó a ser una fantasía, y hemos aprendido que disponemos de recursos limitados, tan necesarios como el agua y los combustibles fósiles, cuya creciente explotación pudiera conducir a la escasez de estos recursos que muchos países ya conocen.

En consecuencia, la conceptualización del patrimonio geológico-minero, y la delimitación y protección de ellos como sitios patrimoniales pueden jugar un papel esencial en la educación ambiental de la sociedad para la conformación de una ética de utilización sostenible de nuestro entorno.

En la actualidad muchas organizaciones no gubernamentales están enfrentando cualquier intento de explotación minera y petrolera en distintos países, sobre la justa base del nefasto legado histórico de contaminación y miseria que han dejado estas actividades en algunas regiones. Sin embargo, al oponerse

completamente a explotar estas riquezas del subsuelo, también se frena el desarrollo. Por eso es tan importante promover una conciencia del uso racional y sostenible de estos recursos, en cuyo empeño la educación puede jugar un papel destacado, a través de la creación de museos, áreas protegidas y geoparques asociados a sitios patrimoniales geológico-mineros.

La conservación del patrimonio geológico-minero es también una vía de compensación a las generaciones actuales y futuras, para cuando dejen de existir los recursos primarios que ofrecían los diferentes complejos de esta industria extractiva. Esta preservación de los valores patrimoniales permitirá crear instituciones que atesoren los documentos, edificaciones, maquinaria y laboreos relacionados con esta actividad, así como los valores intangibles, tanto científicos como históricos y culturales, que mediante el turismo se constituyan en un nuevo modo de vida de los antiguas comunidades mineras.

Breve reseña histórica

En Cuba la explotación minera comienza con la colonización del territorio en el siglo XVI, aunque ya las comunidades primitivas aprovechaban estos recursos de una manera limitada. La primera explotación industrial se remonta al año 1542, al comenzar el laboreo minero en rocas ricas en cobre ubicadas al noroeste de la ciudad de Santiago de Cuba. Desde entonces, la explotación de minerales tuvo altas y bajas, en función de las necesidades locales, el comercio, las guerras y las alternativas del mercado. Por ejemplo, las minas de hierro de Daiquirí, en Cuba sudoriental, proveyeron el metal para construir vías férreas tanto en este país como en los Estados Unidos de América, hasta que la localización de otras fuentes más baratas condujeron a su desactivación. La explotación del manganeso y el cromo, así como el asfalto, tuvieron su mayor auge durante la primera y segunda guerra mundiales, pues abastecían las necesidades de la industria bélica norteamericana. No menos destacada ha sido la extracción a cielo abierto de lateritas ferroniquelíferas y materiales de construcción. Aparejado a estas actividades ha ocurrido una profunda modificación del paisaje, contaminación y deforestación, cuya huella ecológica perdura hasta hoy. Preservar estas historias servirá de ejemplo y acicate para desarrollar una conducta adecuada en el futuro, sin llegar al extremo de detener la explotación minera.

"En Cuba se ha alcanzado en los últimos años un notable avance en la protección del medioambiente en todos los campos, la conservación del patrimonio geológico cubano está muy estrechamente relacionado con el mismo y tiene

un especial valor para el desarrollo sostenible ya que la falta de renovabilidad hace que se fortalezca la labor de conservación de los sitios naturales" (Guajardo y Costa, 2014). Recientemente, el Instituto Superior Minero Metalurgico de Moa (ISMMM) ha creado el Grupo de Protección y Conservación del Patrimonio geológico-minero, el cual ha comenzado a trabajar en la evaluación y conservación de los Puntos de Interés Geológico (PIG) y el patrimonio industrial minero metalúrgico (*op cit.*). Otros autores (Domínguez y Rodríguez, 2007) reportan la evaluación de sitios potenciales con valores geológico-geomorfológico en Moa con objetivos de conservación, valorización, estudio y difusión de los mismos en el marco del desarrollo sustentable, mientras que Hernández y Estrada (2011) determinaron puntos de interés geológico con fines geoturísticos en la Comunidad de Terrazas. En ambos casos la identificación y valoración de los sitios de interés se llevó a cabo de acuerdo con lo establecido en el proyecto Geosites (Barretino, 2000).

Sistema de áreas protegidas

El primer paso en la conservación del ambiente natural en Cuba comenzó el 12 de abril de 1930, con la designación del Parque Nacional Pico Cristal y su entorno como área protegida.

"La Constitución de la República de Cuba en su artículo 39 incisos I) y h) establece la conservación del patrimonio cultural y natural promoviendo la participación de los ciudadanos en su protección, conservación y educación. Así en 1977 se decretó la Ley No. 1 de 1977 (16 de agosto 1977) como Ley de Patrimonio Cultural y en 1994 se crea la Comision Nacional de Patrimonio. Por lo general esta comisión ha trabajado intensa y activamente en los problemas del patrimonio cultural, algo en lo natural y muy poco en lo geológico y minero" (Guajardo y Costa, 2014). Las políticas encaminadas a la conservación

se profundizaron en 1999 con la creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP: www.senap.cu), cuya principal misión es garantizar a perpetuidad la protección y conservación de los recursos naturales del patrimonio nacional para uso de las actuales y futuras generaciones, como parte del desarrollo sostenible del país.

En un principio la designación de estas áreas se enfocó hacia la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, así como los recursos genéticos, pero con el tiempo se fueron incorporando el paisaje (geomorfología superficial, subterránea y submarina) y los valores geológicos y paleontológicos. Sin embargo, aunque

hasta ahora no se han designado territorios con la categoría de geoparques, en no pocas áreas protegidas hay reliquias invalorables de la historia geológica de Cuba y del Caribe, como por ejemplo en los parques nacionales Viñales, Alejandro de Humboldt, Desembarco del Granma, Cayo Caguanes, Lomas de Banao; en el Archipiélago Jardines de la Reina; las cuevas de Bellamar, Martín Infierno, y muchas otros (véase Figura 1 y Anexo 1). A inicios de 2014 se encuentran administradas 120 áreas protegidas, de ellas están aprobadas 103 por el Consejo de Ministros y 18 en proceso. Estas cubren una superficie de 2 889 498,96 ha que representan el 56,87% del total de las áreas identificadas, quedando 91 sin administración (43,13 %).

Cuba tiene reconocidos 9 sitios como patrimonio mundial, de ellos los parques nacionales Desembarco del Granma (1999) y Alejandro de Humboldt (2001) como Sitios del Patrimonio Mundial Natural, que incluyen importantes elementos representativos de la geomorfología e historia geológica de la región. En el primer caso destacan elevadas terrazas marinas, farallones y formas cársticas, mientras que en segundo la compleja geología y topografía han contribuido a la conformación de uno de los espacios insulares de mayor biodiversidad en el mundo.

Todas estas áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) están bajo la tutela del Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP) que, entre sus muchas funciones y atribuciones, debe:

- Identificar y proponer las áreas que deben integrar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
- Realizar y actualizar periódicamente el Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y proponer su aprobación legal.
- Certificar técnicamente y proponer la aprobación legal de los planes de manejo de las áreas protegidas.

Sitios del patrimonio geológico-minero

La designación de sitios patrimoniales geólogo-mineros en Cuba, en sentido estricto, está en pleno proceso de desarrollo, pero ninguno ha sido categorizado por la Comisión Nacional de Patrimonio adscripta al Ministerio de Cultura. Desde hace algunos años se llevan a cabo estudios de campo y de documentos históricos, tanto por el Instituto de Geología y Paleontología como por la Oficina Nacional de Recursos Minerales, para definir los valores patrimoniales a conservar y

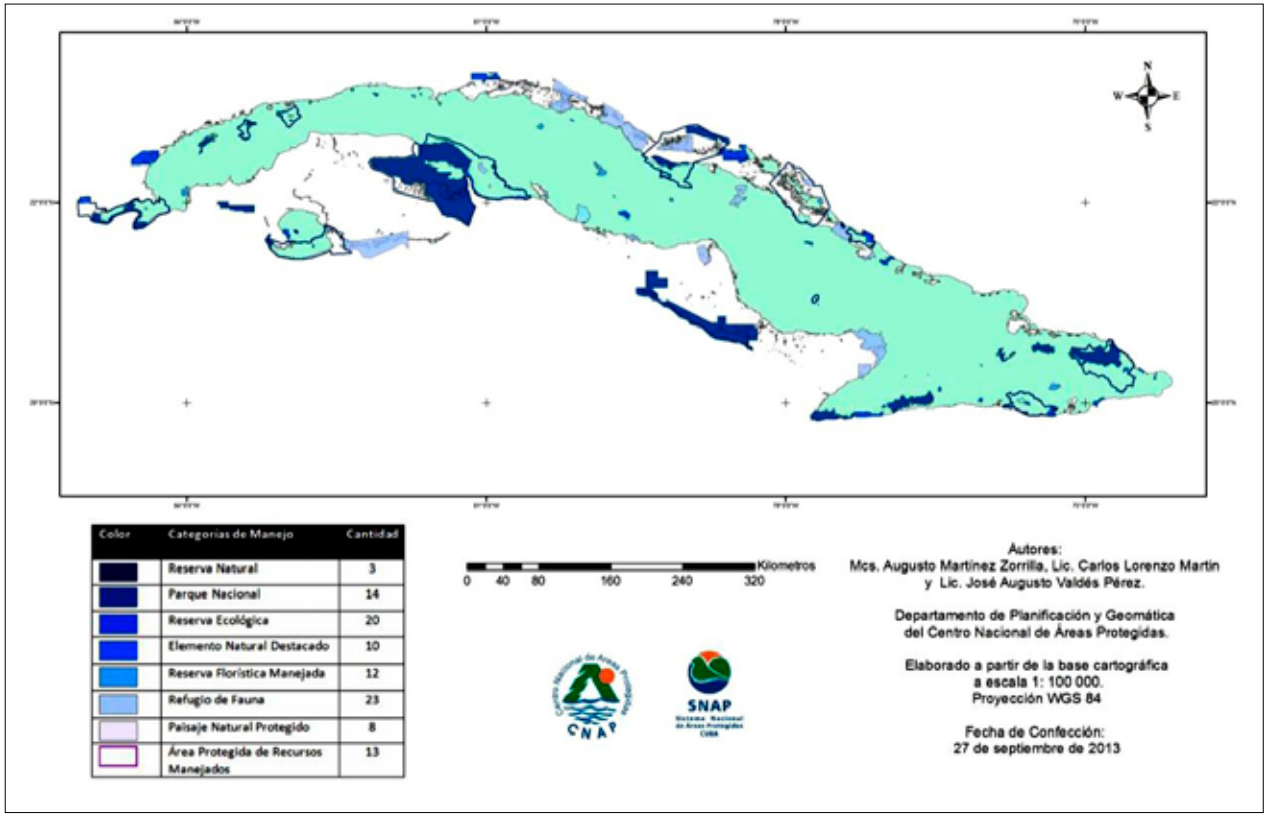


Figura 1. Mapa esquemático de las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas con distintas categorías de manejo (fuente: SNAP, 2013).

su factibilidad, ya que estos sitios conllevan inversiones a corto, mediano y largo plazo. Al respecto, se han visitado y caracterizado un gran número de localidades tipo de formaciones geológicas y yacimientos paleontológicos relevantes, así como sitios de interés histórico para la minería, como la mina Matahambre en Pinar del Río, las minas Margot y Curva Herradura en Matanzas, y El Cobre y El Cuero en Santiago de Cuba.

Para ejecutar este proceso se designó al Ministerio de Energía y Minas, que debe proponer a la Comisión Nacional de Patrimonio los bienes que integrarán el Patrimonio Geológico-Minero de la Nación, atendiendo a sus valores relacionados con la geología, la minería y las tradiciones históricas y culturales de estas actividades para la comunidad. La declaración de Bienes del Patrimonio Geológico Minero corresponde a la Autoridad Minera –representada por la Oficina Nacional de Recursos Minerales– previa compatibilización con otros organismos y la Administración Central del Estado.

De acuerdo con Guajardo y Costas (2014), con el objetivo de lograr una eficaz conservación del patrimonio geológico minero cubano, el ISMM realiza un trabajo de inventario de PIG y minero y la creación de una base de datos de estos puntos. El programa agrupa a profesores y estudiantes, que junto con las comunidades mineras realizan este levantamiento con una estrategia de conservación y protección del patrimonio natural dirigida hacia:

a) La integración de los valores geológicos, biológicos, ecológicos, educativos, culturales, científico investigativo, lo paisajístico, lo económico social e ingeniero.
b) Considerar la relación directa de la gestión sostenible de los georrecursos y el desarrollo socioeconómico y cultural.
c) Promover en las comunidades, barrios, municipios los valores patrimoniales, involucrando a todos en la conservación y gestión del patrimonio geológico ambiental.

Divulgación y promoción de los sitios patrimoniales

En la gestión del patrimonio geológico y minero la divulgación tiene un papel indispensable. Es a través de ella que el valor intrínseco de las áreas y los objetos de interés patrimonial son comprendidos por el público en general, de manera que este llega realmente a concientizar las razones que conducen a la conservación de la localidad, y muy en especial, se involucra en este proceso de distintas maneras.

En Cuba esta divulgación se ha realizado mediante trabajos periodísticos en los medios de comunicación masiva, mensajes de bien público por la televisión, clases televisadas dirigidas a un público general (cursos: Naturaleza geológica de Cuba, Áreas protegidas, Introducción a la espeleología, El mar y sus recursos, entre otros) y muy especialmente a través de la educación comunitaria.

Ejemplos de sitios patrimoniales

La identificación y valoración de Sitios de Interés Geológico es una actividad reciente en Cuba. A manera de ejemplo, el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa creó el Grupo de Protección y Conservación del Patrimonio geológico–minero, el cual ha comenzado a trabajar en la evaluación y conservación de los Puntos de Interés Geológico (PIG) y el patrimonio industrial minero metalurgico. Más de 50 Puntos de Interés Geológico PIG han sido agrupados en las regiones de Guantánamo, Santiago de Cuba, Granma, Holguín, Las Tunas y Camaguey, representativos del desarrollo geológico del Caribe. Sitios de interés mineralógico-litológico- geomorfológico, como el complejo de lateritas de Holguín Guantánamo, las terrazas de Maisi-Imias en Guantánamo, los sitios de interés carsológicos sobresalientes en los Cangilones, Camaguey, o los Farallones de Moa. A los PIG geotectónicos, como los complejos Sierra Maestra y ofiolitico del macizo Sagua-Moa- Baracoa, se le sumara el rico patrimonio minero que desde la minería del cobre, el oro, manganeso, níquel y cobalto, hasta los no metálicos, se han desarrollado en el país (Guajardo y Costas, 2014). En los párrafos siguientes se caracterizan dos zonas mineras de particular interés histórico y social para el patrimonio nacional, un sitio puntual donde se encuentran bloques de rocas metamórficas de alta presión, un parque nacional con las características de un geoparque y un sitio paleontológico.

Mina Matahambre

La Mina de Matahambre (Pinar del Río) llegó a ser la más profunda de América, con una planta de beneficio entre las más eficientes del mundo (véase Figura 2). Constituida en mina-escuela, por ella pasaron generaciones de geólogos y mineros cubanos. El depósito mineral fue descubierto en 1912 y se mantuvo en producción desde 1914 hasta 1997, cuando la mina fue cerrada por no ser económica la explotación, que en ese momento se ejecutaba a 1 503 metros de profundidad.

Figura 2. Antiguas instalaciones de la mina de Matahambre.

La extracción total de mena de cobre en todo el período de actividad se estima en unos 11.4 millones de toneladas, con una ley promedio de 4.2% (de 1 hasta 25%) representando unas 470 400 toneladas de cobre. El mineral principal del yacimiento era la calcopirita (sulfuro de hierro y cobre). Después de cerrada la industria se han conservado algunos de sus componentes para otorgarles carácter patrimonial.

Mina del Cobre

El yacimiento mineral de El Cobre (Santiago de Cuba) fue descubierto por el año 1530 y de inmediato comenzó a explotarse, siendo la primera mina de cobre de la América colonial. Su explotación se extendió, de forma interrumpida, por casi cinco siglos hasta el 2001, fecha en que se cerró la mina (véase Figura 3). Los trabajos de explotación se iniciaron sin previa exploración geológica, acorde a los tiempos y sin autorización de la Corona de España. La extracción se ejecutaba de forma manual y selectiva pues interesaba solo la mena más rica, constituidas principalmente por calcopirita (sulfuro de cobre y hierro), poca pirita (sulfuro de hierro) y cuarzo (óxido de silicio). A partir de 1830 la compañía inglesa Consolidated Mines llevó a cabo las primeras exploraciones geológicas sistemáticas y modernizó la explotación. Los períodos de mayor actividad minera fueron de 1830 a 1870, de 1902 a 1906, de 1911 a 1918, de 1939 a 1945 y con posterioridad a

Figura 3. Cantera a cielo abierto en Mina El Cobre.

1959. La mineralización se ha localizado a profundidades entre 200 y 500 m con ley de Cu mayor a 0.7%. Por debajo de este rango de profundidad los recursos no están delimitados. En general de la Mina El Cobre se han extraído cerca de un millón de toneladas de mena con ley de Cu entre 14 y 18% y más de 2 millones de toneladas de mena con ley de Cu algo mayor de 2%. Aún quedan volúmenes importantes de recursos, cuya extracción tendría que ser por minería subterránea, lo cual implica un alto costo de producción.

La Mina El Cobre se encuentra en proceso de ser recuperada para formar parte del patrimonio geólogo-minero del país. Fue la primera mina bajo tierra de América, la cual se mantuvo activa por 470 años, con períodos de cierre temporales. Está vinculada a una de las tradiciones religiosas más hermosas de Cuba, el hallazgo flotando en las aguas de la Bahía de Nipe, de la Virgen de la Caridad del Cobre, Patrona de Cuba, que desde 1916 fue acogida en sus predios, donde se le construyó una iglesia (Figura 4). La Mina El Cobre también fue testigo de una rebelión de esclavos, evento que ha quedado inmortalizado en un monumento que señala, entre otros, la llamada Ruta del Esclavo en el Caribe. La Mina El Cobre, el Santuario Nacional de la Virgen de la Caridad del Cobre y el Monumento al Cimarrón constituyen un complejo cultural y turístico de gran relevancia.

Figura 4. Santuario de la Virgen de La Caridad del Cobre, en El Cobre.

Parque Nacional Viñales

El Valle de Viñales está ubicado en la Sierra de los Órganos, provincia de Pinar del Río, en el occidente de Cuba, como parte del grupo montañoso de la cordillera de Guaniguanico. Este valle y su entorno fueron declarados Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en 1999 (Figura 5). Sus riquezas incluyen la rica flora y fauna con numerosos endémicos que le caracteriza, junto con sus tradiciones relacionadas con el cultivo del tabaco. Por eso en los últimas décadas se ha convertido en una foco de atracción para el turismo cultural y de naturaleza.

La Sierra de los Órganos en general, y Viñales en particular, presenta un sinnúmero de singularidades que, de hecho, le confieren las características de un geoparque, aunque no haya sido conceptualizado como tal. En primer lugar está la morfología cárstica, de elevaciones calizas conocidas como mogotes, con paredes verticales y simas redondeadas, atravesadas por corrientes fluviales que han labrado sistemas cavernarios con decenas de kilómetros de extensión y cavidades impresionantes rellenas de cristalizaciones. Entre ellas se encuentran la Gran Caverna de Santo Tomás, la más larga de Cuba, la Cueva del Indio y la Cueva del

Figura 5. Abra del Ancon en el Valle de Viñales.

Palenque, explotadas por el turismo común y el de actividades extremas. En el perímetro del parque se encuentran rocas que recogen la historia de fracturación del supercontinente Pangea hasta la formación del Caribe primitivo, y posteriormente, la desaparición de aquella geografía hasta que se formó un conjunto de rocas plegadas, sobre el cual evolucionaron estos terrenos hasta dar lugar a los paisajes actuales.

En las paredes de los mogotes y el valle se encuentran importantes yacimientos paleontológicos, de donde se han recuperado restos fósiles de enormes reptiles marinos y dinosaurios del Jurásico, así como de muchos otros animales y plantas del pasado remoto (Figura 6).

El Valle de Viñales ha sido visitado por importantes científicos que quedaron fascinados por sus características y han participado en la develación de sus secretos. Sus riquezas también han sido recreadas por pintores y cantadas por poetas y escritores.

Bloque de Eclogita

La estructura y composición geológica de Cuba incluye rocas que experimentaron subducción, es decir, que descendieron a muchos kilómetros de profundidad en el manto superior y después han regresado a la superficie de la Tierra. Estas

Figura 6. Rocas del límite Jurásico-Cretácico.

rocas se encuentran en distintas localidades a lo largo de la isla principal. Ellas nos hablan de una larga historia de transformaciones en la región del Caribe desde hace unos 130 millones de años. La mayor parte de estas rocas se encuentran como elementos exóticos en mélanges de serpentinitas que conforman gran parte de la columna vertebral geológica de Cuba. Un hermoso ejemplo de este tipo de roca, un bloque de eclogita, se encuentra en la carretera de Santa Clara a Encrucijada (N 22 º 32 '20.3 "- W 079º 54' 19.3"), en la provincia de Villa Clara. El bloque tiene 5 x 2 x 1.5 m, con fácil acceso para el público a pocos metros de la carretera. Son rocas muy bellas con una estructura de bandas formadas por numerosos cristales de granate y omphacita, bien desarrollados, de color rojo sangre, ordenados en una matriz de color verde oscuro (Figura 7).

La roca se formó originalmente cerca de la superficie de la Tierra como un basalto en el océano Protocaribeño ya desaparecido, y al principio del Cretácico se enterró en el manto hasta unos 70 kilometros de profundidad que alcanzó hace unos 120 millones de años. Los minerales de esta roca muestran una estructura zonal oscilatoria, que denota procesos termodinámicos complejos durante la subducción. Tal tipo de zonificación es una característica poco común de las eclogitas, dotando a esta roca de interés científico especial para la comunidad geológica mundial.

Figura 7. Bloque de eclogita.

Bosque fosil de Najasa

En los alrededores de las Sierra de Najasa en Camagüey, hay varios sitios donde se encuentran dispersos en la superficie del terreno fragmentos de troncos de árboles petrificados, algunos de 3 a 5 metros de largo por 50-60 centímetros de diámetro y menores, representantes de especies que vivieron en el Neógeno, emparentadas con aquellas que actualmente conforman la flora local (Figura 8). La madera original está convertida en calcedonita, en cuyo proceso se conservaron las delicadas estructuras del vegetal. Este lugar era conocido por los lugareños y fue descubierto para la ciencia por el padre escolapio Pio Galtés. Desgraciadamente el sitio original denominado Finca La Estrella, sufrió una fuerte depredación, de manera que en la actualidad apenas quedan ejemplares fragmentados. Por fortuna hay otros sitios cercanos los cuales se conservan muy bien y son protegidos por los vecinos del lugar y por la Ley, pues de momento el Bosque Fósil de Najasa está en la lista de las áreas protegidas de Cuba, con la categoría de Elemento Natural Destacado, aunque sin administración.

Figura 8. Tronco petrificado en Najasa, Provincia de Camagüey.

Conclusiones

En Cuba existen sitios patrimoniales geológico-mineros que tienen las características que pudieran convertirlos en áreas protegidas, pero aún no han sido formalmente declarados, aunque se trabaja a fin de lograrlo. Como lo señalan Guajardo y Costas (2014) uno de los mayores retos para la protección del patrimonio geológico minero es la necesidad de fortalecer los instrumentos legales y normativos correspondientes. Históricamente, el Estado cubano ha creado un conjunto de leyes y normas orientadas a garantizar la integridad de la herencia cultural de nuestra sociedad; sin embargo, resulta imprescindible llevar a cabo un análisis de dicho marco jurídico así como elaborar propuestas normativas específicas que, en los diferentes ámbitos de competencia de las instituciones culturales, hagan posible una actuación más eficaz para la preservación de los bienes patrimoniales geológicos y mineros.

Por otra parte, algunos sitios del Sistema Nacional de Áreas Protegidas integran entre sus límites algunos elementos que se pueden considerar patrimoniales geológico-mineros, pero no han sido estos los criterios para designar dichas áreas. No obstante, este Sistema puede constituir la base para la caracterización y valoración de este patrimonio y contribuir como valor agregado a su mejor apreciación y conservación.

Referencias

Aquí se incluyen la mayoría de las contribuciones cubanas al tema en cuestión, algunas de las cuales pueden consultarse en www.redciencia.cu/geobiblio/inicio.html.

Aguirre-Guillot, G. y D. De la Nuez Colón (2013), "Litoteca: patrimonio geológico, catalogación y almacenamiento de un recurso museable", en *Memorias. Trabajos y Resúmenes. V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra* (Geociencias 2013), Sociedad Cubana de Geología, La Habana, CD-Rom.

Barretino, D. (2000), "Integración de las Acciones Españolas en las Iniciativas internacionales para la Conservación del Patrimonio Geológico", en *Patrimonio Geológico y Minero en el Marco del desarrollo Sostenible*, Colección de Temas, vol. 31, Editora Isabel Rábano, Madrid, España.

Bernal-Rodríguez, L. R., Y. Domínguez Samalea, R. Gutiérrez-Domech, G. J. Pantaleón-Vento, E. Chávez Marrero, A. Barriento-Duarte, I. Delgado Carballo y D. García Jiménez (2013), "Geositios de interés patrimonial de la provincia Sancti Spiritus, Cuba Central", en *Memorias, Trabajos y Resúmenes. V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra* (Geociencias' 2013), Sociedad Cubana de Geología, La Habana, CD-Rom.

Centro Nacional de Áreas Protegidas (2013), *Plan del sistema nacional de áreas protegidas 2014-2020*, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, 366 pp.

Domínguez González L. y A. Rodríguez Infante (2007), "Potencial geológico-geomorfológico de la región de Moa para la propuesta del modelo de gestión de sitios de interés patrimonial", *Minería y Geología*, vol. 23, núm. 4, octubre-diciembre, pp. 1-22 , Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa ‹Dr Antonio Nuñez Jiménez› Holguín, Cuba.

Galtés, P. (1887), "Memoria sobre unos fósiles vegetales encontrados en El Chorrillo, Camagüey, Cuba", *Revista Facultad de Letras y Ciencias*, Universidad de La Habana, núm. 12, pp. 189-209, La Habana.

García-Casco, A y M. A. Iturralde-Vinent (2009), "Proposal for the declaration of geological heritage for a block of eclogite, Santa Clara province, Cuba", en *Memorias, Trabajos y Resúmenes. III Convención Cubana de Ciencias de la Tierra* (Geociencias 2019), Centro Nacional de Información Geológica, Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, La Habana, CD-Rom.

Guajardo-Lacaba R. y V. Costa Llanos (2014), Evaluación y conservación del patrimonio geológico–minero en Cuba. [http://www.monografias.com/trabajos102/evaluacion-y-conservacion-del-patrimonio-geologico-a-minero-cuba/evaluacion-y-conservacion-del-patrimonio-geologico-a-minero-cuba.shtml: julio de 2016].

Gutiérrez-Domech, R. (2010), "Protecting the Cuban geological heritage", *The Open Geology Journal*, núm. 4, pp. 1-14.

Gutiérrez-Domech, R., L. Bernal-Rodríguez, E. Grau, E. Balado-Piedra, G. Pantaleón-Vento, A. Barrientos-Duarte y G. Furrazola-Bermúdez (2011), "Geositios de interés patrimonial y práctico de la provincia Matanzas", en *Memorias, Trabajos y Resúmenes. IV Convención Cubana de Ciencias de la Tierra* (Geociencias 2011), Centro Nacional de Información Geológica, Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, La Habana, CD-Rom.

Hernández Durañona Y. y V. Estrada Sanabria (2011), "Determinación de puntos de interés geológico para satisfacer el servicio turístico en la Comunidad de las Terrazas", en *IX Congreso Cubano de Geología (GEOLOGIA´2011), Conservación de la Herencia y Patrimonio Geológico*. Memorias en CD-Rom, La Habana, 4 al 8 de abril de 2011.

Iturralde-Vinent, M. (1997), "La conservación de la herencia geológica de la Tierra: un problema de educación ambiental holística. Programa y Resúmenes", en *Congreso de Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible,* Editora Palcograf, Palacio de Convenciones, C-309, pág. 157, La Habana.

Iturralde-Vinent, M. (1998), "El Programa Geosite de la UNESCO/IUGS para la conservación de la herencia geológica", en *Memorias Geología y Minería' 98, III Congreso Cubano de Geología y Minería*, tomo I, Editora Palcograf, Palacio de las Convenciones de La Habana, pp. 323-325.

Iturralde-Vinent, M. A. (2010; ed.) (publicado en 2012), *Geología de Cuba para todos,* segunda edición, Editorial Científico-Técnica, La Habana, 150 pp.

León, H. (1929), *La flora fósil de Cuba en la actualidad,* Colegio La Salle, La Habana, 6 pp.

Pantaleón-Vento, G. J., M. R. Gutiérrez-Domech, L. Bernal Rodríguez, A. Barrientos-Duarte, A. I. Llanes y L. Flores Valdés (2011), Patrimonio geológico de las provincias occidentales. Mapa de los geositios a escala 1: 250 000, en: *Memorias. Trabajos y Resúmenes. IV Convención Cubana de Ciencias de la Tierra* (Geociencias 2011). CNDIG, IGP, La Habana, CD-Rom.

Pantaleón-Vento, G. J., R. Gutiérrez-Domech, L. Bernal Rodríguez, A. Barrientos-Duarte y A. Machado García (2013), "Estratotipos que constituyen patrimonio geológico en la provincia de Villa Clara. En: Memorias. Trabajos y Resúmenes", *V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra* (Geociencias 2013). Sociedad Cubana de Geología, La Habana, CD-Rom.

Romero-Rodríguez, M. (2010), "Patrimonio geólogo-minero", en Iturralde-Vinent, M. A. (ed.), *Geología de Cuba para todos,* segunda edición, Editorial Científico-Técnica, La Habana, 150 pp.

Rojas-Consuegra, R., D. García-Delgado, M. Iturralde-Vinent y C. Díaz-Otero (2005), "Localidades del Límite Cretácico-Terciario en Cuba: Una herencia natural única, y necesidad de su conservación patrimonial", en *Memorias, Trabajos y Resúmenes. IV Convención Cubana de Ciencias de la Tierra* (Geociencias 2005), Centro Nacional de Información Geológica, Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, La Habana, CD-Rom.

Salgado-Machín, I., I. Hernández Acosta, J. Castellanos Suárez, B. Delgado Diez y E. Alfonso Olmo (2013), "Valoración del impacto del patrimonio científico del CIPIMM", en *Memorias. Trabajos y Resúmenes. V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra* (Geociencias 2013), Sociedad Cubana de Geología, La Habana, CD-Rom.

Serra Díaz, A. A., A. Trevisol, C. A. Brasil Peixoto y N. Martorell Serra (2013), Documento metodológico para la declaración del patrimonio geológico y minero de la Republica de Cuba, Oficina Nacional de Recursos Minerales, Servicio Geológico de Brasil y Agencia Brasileña de Cooperación.

ANEXO 1

Listado de las áreas protegidas de Cuba, según www.snap.cu. De ellas solamente 105 tienen administración.

Categoría de manejo (1)	Nombre	Provincia	Superficie terrestre km^2	Superficie marina km^2	Superficie total km^2
PN	Viñales	Pinar del Río	11 120	0	11 120
PN	Guanahacabibes	Pinar del Río	23 880	15 950	39 830
PN	Cayos de San Felipe	Pinar del Río	2 041	24 209	26 250
RE	Los Pretiles	Pinar del Río	2 451.8	34 648.2	37 100
END	Banco de San Antonio	Pinar del Río	0	7 411	7 411
APRM	Península de Guanahacabibes	Pinar del Río	76 064.3	30 896.52	107 678.52
APRM	Mil Cumbres	Pinar del Río-Artemisa	14 964.89	0	14 964.89
RN	Las Peladas	Artemisa	214	0	214
RN	El Mulo	Artemisa	280.53	0	280.53
RE	El Salón	Artemisa	581.87	0	581.87
APRM-RB	Sierra del Rosario	Artemisa	24 503.6	0	24 503.6
RE	Loma La Coca	La Habana	1 156.11	0	1 156.11
RFM	Lomas de Galindo	Mayabeque	5 212	0	5 212
PN	Ciénaga de Zapata	Matanzas	281 861	137 060	418 921
RE	Cayo Mono-Galindo	Matanzas	2 286	16 704	19 286.45
END	Paleocaverna Bellamar	Matanzas	708	0	708
END	Caverna Santa Catalina	Matanzas	247	0	247

Categoría de manejo (1)	Nombre	Provincia	Superficie terrestre km^2	Superficie marina km^2	Superficie total km^2
END	Sistema Espelolacustre de Zapata	Matanzas	9 107	5 554	14 661
RFM	Tres Ceibas de Clavellinas	Matanzas	390	0	390
APRM	Península de Zapata	Matanzas	213 547.96	66 097.78	279 645.74
RE	Pico San Juan	Cienfuegos	3 723.51	0	3 723.51
END	Cueva Martín Infierno	Cienfuegos	245.91	0	245.91
PN	Los Caimanes	Villa Clara	114	28 717	28 831
RE	Cayo Francés	Villa Clara	642	5 820	6 462
RE	Mogote Jumagua	Villa Clara	453	0	453
END	Ojo del Mégano	Villa Clara	0	447	447
RF	Lanzanillo-Pajonal-Fragoso	Villa Clara	10 580	76 490	87 070
RF	Las Picúas-Cayo Cristo	Villa Clara	15 720	40 250	55 970
RF	Cayo Santa María	Villa Clara	5 470	24 510	29 980
RFM	Sabanas de Santa Clara	Villa Clara	7 237	0	7 237
RFM	Monte Ramonal	Villa Clara	2 474	0	2 474
PNP	Hanabanilla	Villa Clara	1 923	0	1 923
PN	Caguanes	Sancti Spiritus	8500	11 990	20 490
RE	Lomas de Banao	Sancti Spiritus	6 091	0	6 091
APRM	Buenavista	Sancti Spiritus-Villa Clara-Ciego de Ávila	64 014.97	161 853.27	225 868.24
PN	Jardines de la Reina	Ciego de Ávila-Camagüey	16 079	199 472	215 551

Categoría de manejo (1)	Nombre	Provincia	Superficie terrestre km^2	Superficie marina km^2	Superficie total km^2
RE	Centro y Oeste de Cayo Coco	Ciego de Ávila	17 980	18 248	36 228
RF	Cayos de Ana María	Ciego de Ávila	980	18 120	19 100
RF	El Venero	Ciego de Ávila	10 310.00	0.00	10 310.00
APRM	Humedales del Norte de Ciego de Ávila	Ciego de Ávila	74 099.42	13 2620	206 719.42
RE	Limones – Tuabaquey	Camagüey	1 972	0	1 972
RE	Maternillos-Tortuguilla	Camagüey	3 882	5 176	9 058
END	Bosque Fósil de Najasa	Camagüey	126	0	126
RF	Correa	Camagüey	3 985	2 154	6 139
RF	Río Máximo	Camagüey	8 020	14 560	22 580
RFM	Silla de Romano	Camagüey	2 141	0	2 141
RFM	Los Orientales	Camagüey	57.57	0	57.57
APRM	Humedales de Cayo Romano	Camagüey -Ciego de Ávila	99 029.64	193 777.36	292 807
RE	Bahía Nuevas Grande-La Isleta	Las Tunas	4 930	1 658	6 588
RF	Bahía de Malagueta	Las Tunas	14 052	9 210	23 262
RF	Ojo de Agua	Las Tunas	1 492	0	1 492
RFM	Guayacán	Las Tunas	4 340	961	5 301
RN	Cerro Galano	Holguín	2 986	0	2 986
PN	Pico Cristal	Holguín	18 540	0	18 540

Categoría de manejo (1)	Nombre	Provincia	Superficie terrestre km^2	Superficie marina km^2	Superficie total km^2
PN	Mensura-Pilotos	Holguín	8 486	0	8 486
RE	Caletones	Holguín	11 834	2 630	14 464
END	Puente del Río Bitirí	Holguín	78.25	0	78.25
RFM	Cerro Miraflores	Holguín	7 362	477	7 839
PN	Desembarco del Granma	Granma	26 180	6 396	32 576
PN	Turquino	Granma	23 210	0	23 210
PN	Pico Bayamesa	Granma	24 210	0	24 210
END	Banco de Buena Esperanza	Granma	0	33 052.5	33 052.5
RF	Delta del Cauto	Granma	53 830	12 540	66 370
RN	El Retiro	Santiago de Cuba	1 163	282	1 445
RE	Siboney-Jutisí	Santiago de Cuba	905	949	1 854
RF	San Miguel de Parada	Santiago de Cuba	255.7	71.3	327
RE	Loma del Gato-Monte Líbano	Santiago de Cuba	1 536	0	1 536
PNP	Gran Piedra	Santiago de Cuba	3 069	0	3 069
APRM-RB	Baconao	Santiago de Cuba	57 310	0	57 310
RN	Imías	Guantánamo	1 572	689	2 261
PN	Alejandro de Humboldt	Guantánamo	68 430	2 250	70 680
RE	La Victoria-Yumurí	Guantánamo	6 367	0	6 367
RE	Maisí	Guantánamo	5 826	2 381	8 207
RE	Parnaso-Los Montes	Guantánamo	9 091	0	9 091

Categoría de manejo (1)	Nombre	Provincia	Superficie terrestre km^2	Superficie marina km^2	Superficie total km^2
RE	Hatibonico	Guantánamo	5 390	884	6 274
RE	Alto de las Canas	Guantánamo	3 012	0	3 012
RE	Quibiján-Duaba	Guantánamo	12 390	0	12 390
RE	Baitiquirí	Guantánamo	2 981	1 455	4 436
RE	Boquerón	Guantánamo	1 900	0	1 900
END	Caleta	Guantánamo	6 779	255	7 034
END	Yunque de Baracoa	Guantánamo	2 145	0	2 145
RFM	Esparto	Guantánamo	2 401	134	2 535
RFM	Monte Verde	Guantánamo	2 000	0	2 000
APRM	Cuchillas del Toa	Guantánamo	116 070	3 266	119 336
PN	Punta Francés	Isla de la Juventud	1 562	3 036	4 598
RE	Cayo Largo	Isla de la Juventud	3 306.65	67 598.35	70 905
RE	Los Indios	Isla de la Juventud	5 189.13	0	5 189.13
RE	Punta del Este	Isla de la Juventud	8 209	33 570	41 779
RF	Campos-Rosarío	Isla de la Juventud	10 020	89 130	99 150
RF	Ciénaga de Lanier	Isla de la Juventud	22 794	1 706	24 500
APRM	Sur de la Isla	Isla de la Juventud	67 864	15 344	83 208

(1) Leyenda. RN: Reserva Natural. PN: Parque Nacional. RE: Reserva Ecológica. END: Elemento Natural Destacado. RF: Refugio de Fauna. RFM: Reserva Florística Manejada. PNP: Paisaje Natural Protegido. APRM: Área Protegida de Recursos Manejados. RB: Reserva de la Biosfera

Ecuador

José Luis Sánchez Cortez
Universidad Regional Amazónica, Ecuador

Introducción

La Republica del Ecuador obedece a una ubicación geográfica privilegiada, encuadrada en el marco del gradiente altitudinal de la cordillera de Los Andes, denotando una importante variabilidad topográfica y climática, con presencia de elementos geomorfológicos que van desde las llanuras costeras hasta los páramos andinos a 4 200 msnm, y una altura máxima de 6 310 msnm manifestada en el Nevado Chimborazo, situado en el centro del país.

Estas cualidades en una nación de 283 561 km^2 de, marcan la pauta de un territorio con una alta diversidad paisajística y ecosistémica, que descansa sobre basamentos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, controlado por estructuras geológicas bajo influencia de la subducción activa entre las placas Sudamericana y Nazca. Esta dinámica es el escenario para la existencia de arcos volcánicos de norte a sur del territorio ecuatoriano, cuyas principales manifestaciones son los diversos edificios volcánicos, los cuales fungen entre los mayores intereses geológicos nacionales.

Es precisamente la cordillera de Los Andes la principal estructura que divide al Ecuador continental en tres regiones geológicas y geomorfológicas distintas: Litoral, Sierra y Amazonía. Así se tiene que el litoral ecuatoriano está representa principalmente depósitos terciarios consolidados y material cuaternario acarreado por cuencas fluviales en la que sobresale la gran cuenca del río Guayas. En el interior aparecen cordilleras costeras intermitentes que delimitan interiormente la costa en tres nuevas cuencas sedimentarias: Progreso, Manabí y Borbón (Baldock, 1982; Ordoñez, Jiménez y Suarez, 2006).

Los Andes atraviesan el país con una altura promedio de 4 000 metros, formando la región sierra. La cordillera de los Andes se divide en dos ramales debido a la depresión interandina, un graben alargado y constituido por varias microcuencas internas, cubiertas por depósitos sedimentarios cenozoicos y piroclastos

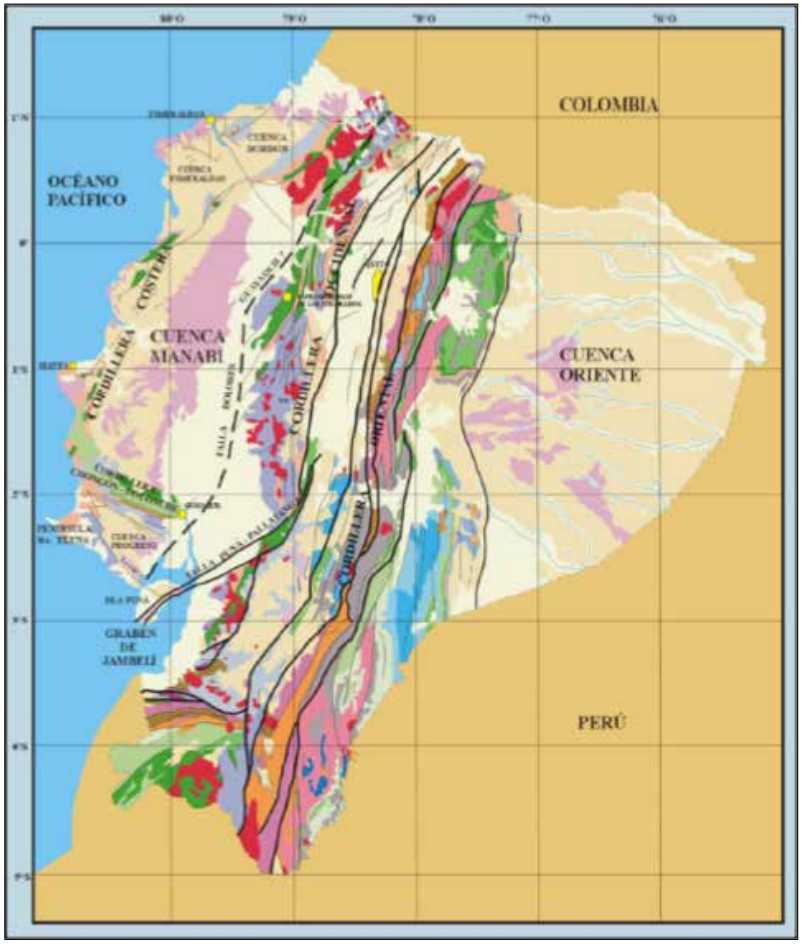


Figura 1. Mapa geológico-estructural del Ecuador, en el cual se observan las principales cuencas sedimentarias y los respectivos controles estructurales. Fuente: Ordoñez, Jiménez y Suarez, 2006.

cuaternarios. Esta depresión divide la cordillera de Los Andes en dos secciones longitudinales y paralelas: Cordillera Occidental y Cordillera Real u Oriental. En la cordillera Occidental yacen paquetes volcánicos del mesozoico y sedimentos consolidados del neógeno. Por el contrario, en la cordillera Real subyacen rocas metamórficas paleozoicas, además de manifestaciones intrusivas jurásicas-cretácicas, y algunos estratovolcanes. Más hacia el sur, la falla de Jubones limita

el valle interandino, justo en el inicio de la deflexión de Huancabamba, tornando la geología del sector muy atractiva y compleja.

La región Oriental o Amazónica comprende una extensa región perillana, asentada sobre rocas sedimentarias jurásicas, cretáceas, paleógenas y neógenas, depositadas en el cratón guyanés. Este paquete de rocas subyacen a depósitos cuaternarios provenientes de cuencas hídricas que drenan hacia el río Amazonas. La región Amazónica es de suma importancia a nivel nacional, tanto en el ámbito geológico como económico, debido a presencia de los más grandes depósitos de hidrocarburos, ubicados en la cuenca oriental.

Es así que toda esta diversidad estratigráfica, estructural, petrográfica y geomorfológica, en conjunto representa rasgos geológicos de importancia regional, nacional e internacional como el caso de los volcanes Chimborazo y Cotopaxi, considerados como el punto más cercano al sol, y el volcán en actividad más alto del planeta, en el orden correspondiente (Kruszelnicki, 2004), dando pie a un rico patrimonio geológico. También el patrimonio minero se hace presente en el territorio ecuatoriano, como en el caso de los distritos mineros de Zaruma y Portovelo, que han sido explotados desde tiempos precoloniales, empleando técnicas artesanales, que posteriormente fueron evolucionando en el tratamiento del material y las vetas existentes (Figuras 2 y 3). En la época colonial, por el siglo XVI, las minas de Zaruma representaban gran parte del ingreso de la Real Audiencia de Quito (Murillo, 2000). Además de la influencia económica, la minería es una

Figura 2 (izq.). El Sexmo, una de las minas más antiguas de la ciudad de Zaruma, actualmente empleada en recorridos turísticos. Figura 3 (der.). Ciudad de Zaruma, Patrimonio Cultural del Ecuador, inscrita en la lista de candidatura a Patrimonio Mundial de la Humanidad. Ambas forman parte del patrimonio geológico minero de la Provincial de El Oro y del Ecuador. Fuente: Martins y Carrión (2005).

de las formas en la cual el patrimonio geológico puede llegar a generar una identidad en la comunidad y una cultura regional: la cultura del minero.

En Ecuador, parte del patrimonio geológico y los varios geositios de escala nacional, han sido considerados o forman parte de áreas protegidas debido a la inexistencia de elementos de gestión y protección específicos para estos elementos. Sin embargo, en Ecuador la conservación basada en áreas protegidas prepondera el conocimiento, difusión y estrategias vinculadas con la diversidad biológica sobre cualquier otro componente; la conservación de la biodiversidad es una política de Estado. Por otra parte, el patrimonio geológico-minero, en algunos casos, se enmarca más en condiciones culturales y/o productivos que en los aspectos netamente geológicos. Las iniciativas exclusivas de geoconservación, aunque limitadas, representan elementos específicos y particulares (Figuras 4 a la 7), más que estrategias políticas para el desarrollo local.

Bases legales y administrativas para la protección del patrimonio geológico

Para la gestión de la conservación del patrimonio geológico es necesario conocer como está estructurado el ordenamiento jurídico nacional. Es así que la Constitución Política del Ecuador funge como el elemento primordial en el esquema jurídico nacional (tabla 1).

Figura 4 (izq.). Restos de Eremotherium en el Museo paleontológico Megaterio en la Península de Santa Elena, a cargo de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en el sitio existen osamentas fósiles de megafauna del Pleistoceno. Figura 5 (der.). Visita de estudiantes al museo. Fuente: José Luis Sánchez Cortez y Museo Paleontológico Megaterio.

Figuras 6 y 7. Restos de Mastodontes exhibidos en el Museo de Historia Natural "Gustavo Orces V.", a cargo de la Universidad Politécnica Nacional. Los muestrarios son complementados con murales y otras infografías (fuente: Museo Gustavo Orces V. http://museogustavoorces.blogspot.com/p/historia.html).

Tabla 1. Normas jurídicas y órganos habilitantes.

Norma jurídica	Órgano habilitante
1. Constitución Política	Asamblea Nacional Constituyente
2. Tratados internacionales	Ratificados por la Asamblea Legislativa
3. Leyes	Promulgadas por la Asamblea Legislativa
4. Acuerdos y decretos	Promulgados por el Poder Ejecutivo
5. Procedimientos	Promulgados por entidades del Poder Ejecutivo
6. Ordenanzas	Promulgadas por gobiernos autónomos descentralizados (GAD)

Fuente: Columba-Zárate, 2013.

Vale señalar que Ecuador carece de una Ley específica relacionada con la geoconservación; por ende, es necesario analizar las regulaciones generales de la conservación de algunos componentes que se vinculan con los elementos del patrimonio geológico. Por ello es importante mencionar algunos acápites que pueden ser aprovechables y utilizables en este propósito.

A continuación se mencionan algunos instrumentos jurídicos que pueden ser relevantes a la hora de establecer estrategias de protección del patrimonio geológico en Ecuador:

a) Constitución de la República del Ecuador (20 de octubre de 2008).
b) Tratados internacionales relacionados con áreas protegidas ratificados por el Estado Ecuatoriano.
c) Ley de Gestión Ambiental (10 de septiembre de 2004).
d) Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (marzo del 2003).
e) Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre (10 de septiembre de 2004).
f) Ley de Patrimonio Cultural (junio de 1978).
g) Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (19 de octubre de 2010).
h) Acuerdo 006, sobre la gratuidad en áreas protegidas (16 de enero de 2012).
i) Reglamento Especial de Turismo en Áreas Naturales Protegidas (5 de septiembre de 2002).

A manera de marco general, vale la pena señalar que el Estado ecuatoriano se encuentra en un proceso de cambios estructurales en los campos administrativos públicos y legales, uno de los cuales ha sido la implementación de una nueva Constitución Política, aprobada por la Asamblea Nacional Constituyente en 2008 (Ecuador, 2010). La referencia de mayor importancia relativa a recursos geológicos se ubica en el Título VII Régimen del Buen Vivir, Capítulo II de Biodiversidad y Recursos Naturales, Sección III de Patrimonio Natural y Ecosistemas, Artículo 404, en el cual se contempla que el patrimonio natural de Ecuador, considerado único e invaluable puede comprender formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción; además, menciona la importancia de su gestión, sujeta a principios y garantías consagradas en la Constitución. Su gestión se ejecutará de acuerdo con los ordenamientos territoriales y la correspondiente zonificación ecológica en concordancia con el marco legal existente. Asímismo, en el Título VII Régimen del Buen Vivir, Capítulo I de Inclusión y Equidad, Sección V de Cultura, Artículo 379, numerales 2 y 3, la Constitución se refiere al patrimonio geológico de manera indirecta vinculado con monumentos, paisajes y sitios naturales que constituyan referentes de identidad nacional o por su valor histórico, etnográfico, artístico, arqueológico y paleontológico, así como los museos que contengan estos mismos valores.

En 1981 se promulga la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, con una posterior reforma en septiembre de 2004, la cual se

encuentra vigente a la fecha (Ecuador, 1981). Esta herramienta legal debería ser considera como el principal instrumento dirigido específicamente a la conservación del patrimonio natural. En su artículo 66 se detalla que el Patrimonio de Áreas Naturales del Estado está constituido por las áreas silvestres que se destacan por su valor protector, científico, escénico, educacional, turístico y recreacional, por su flora y fauna, o porque constituyen ecosistemas que contribuyen a mantener el equilibrio del medio ambiente. En la actualidad existen 49 áreas naturales protegidas que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Estas 49 áreas representan 20% del territorio nacional, siendo el Ecuador uno de los países de América Latina con mayor porcentaje de territorio dedicado a la conservación de ecosistemas (Elbers, 2011; Columba, 2013) (Figura 8).

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), a cargo del Ministerio del Ambiente, consta de las siguientes categorías:

El Ministerio del Ambiente fue creado en 1996; posteriormente, en 1999, se fusiona con el Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN), adscrito al Ministerio de Agricultura. Esto dio como resultado el Ministerio del Medio Ambiente, que a la postre se llamara Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). El Ministerio del Ambiente es la institución rectora del Ecuador en las áreas de calidad ambiental, gestión marina costera, cambio climático y patrimonio natural. A la Subsecretaría de Patrimonio Natural del MAE, corresponden la Dirección Nacional de Biodiversidad y la Dirección Nacional Forestal, siendo la Dirección Nacional de Biodiversidad la encargada de

Tabla 2. Diversas categorías del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, de acuerdo con la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre.

Categorías del Sistema Nacional de Áreas Protegidas	
Parques nacionales	Reserva ecológica
Refugio de vida silvestre	Reservas biológicas
Áreas nacionales de recreación	Reserva de producción de fauna
Área de caza y pesca (*)	Reserva geobotánica (**)
Reserva marina (**)	

(*) Esta categoría se encuentra estipulada en la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre; sin embargo, no existe ningún área en el SNAP bajo este rubro.

(**) Esta categoría no se encuentra estipulada en la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre; sin embargo, existen territorios protegidos bajo esta categoría.

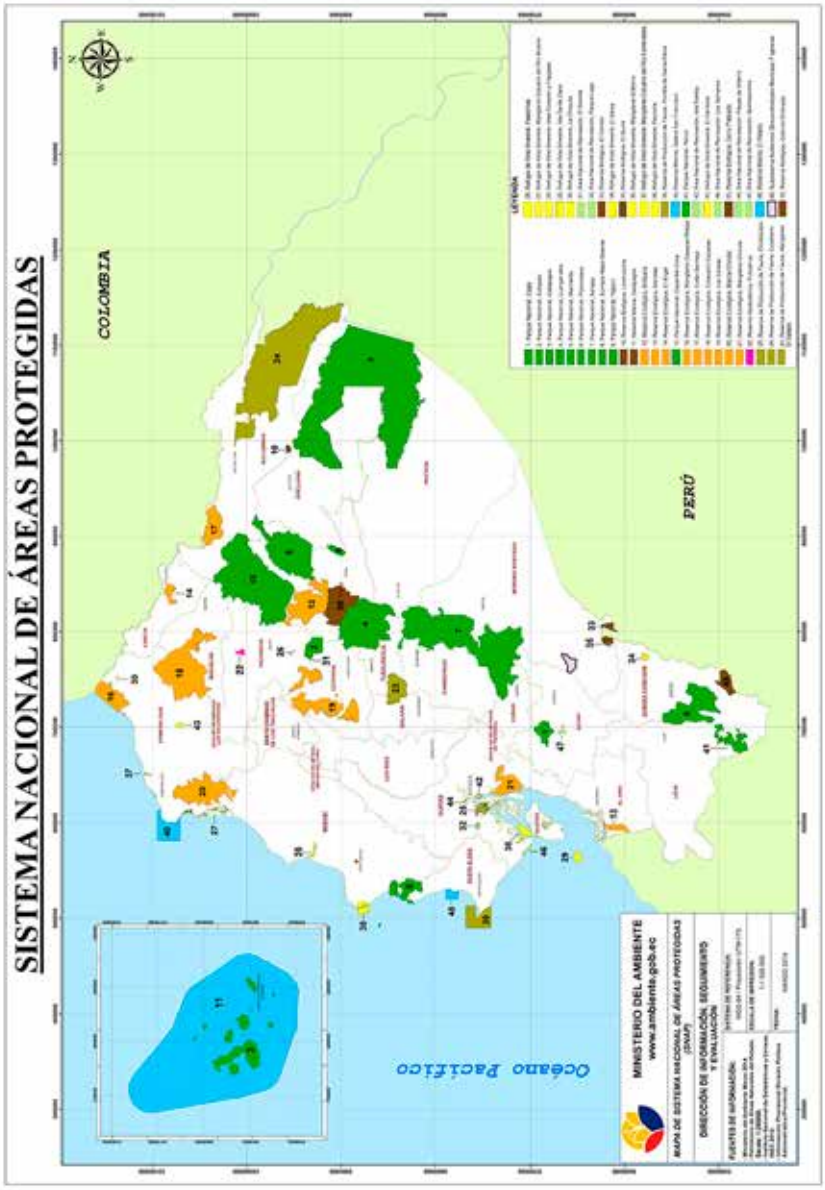


Figura 8. Mapa del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Fuente: Ministerio del Ambiente, Ecuador.

la administración, coordinación y generación de estrategias del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.

Por otra parte, el Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero y Metalúrgico (INIGEMM) es sobre quien recaen las acciones concernientes a la investigación y difusión geológica en el Ecuador. Este organismo en el año 2009 crea la Unidad de Gestión del Proceso de Promoción y Difusión Geológico Minero Metalúrgico, y con ello el Proyecto Patrimonio Geológico-Minero con miras a la apertura de esta línea de trabajo. De acuerdo con los organigramas institucionales, el INIGEMM no trabaja directamente en conservación de áreas protegidas, ni la Dirección Nacional de Biodiversidad tiene una línea de conservación destinada a las geociencias.

Con el propósito de coordinar y vincular las diversas representaciones del patrimonio natural (incluido el patrimonio geológico) y el patrimonio cultural, en el año 2007 se crea el Ministerio Coordinador del Patrimonio, que en teoría era el llamado a cumplir con este objetivo; sin embargo, fue disuelto en 2013, y el hasta entonces Ministerio de Cultura pasa a denominarse Ministerio de Cultura y Patrimonio. Es notable que debido a la esencia del Ministerio de Cultura, en los aspectos patrimoniales pueda prevalecer lo cultural sobre el patrimonio natural.

En lo referente a la cultura, también existe un abordaje del patrimonio geológico, como se expresó con anterioridad. La Ley de Patrimonio Cultural, expedida en junio de 1978, en su artículo siete, referente a las diferentes categorías de los bienes patrimoniales del Estado, el literal i) pone énfasis en toda obra de la naturaleza cuyas características o valores resaltados por la intervención del hombre o que posean un valor intrínseco de interés científico para el estudio de la flora, la fauna y la paleontología. El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) es el organismo rector en el tema de investigación y gestión patrimonial a nivel nacional, aunque se encuadra en la investigación cultural, arquitectónica, arqueológica y antropológica.

Gestión de geositios y patrimonio geológico

Con los antecedentes previamente establecidos, vale indicar que esta nación carece de estructuras legales específicas para la protección de geositios y del patrimonio geológico en general; además, los entes administrativos difícilmente coordinan acciones. No obstante, como parte del SNAP es posible encontrar importantes íconos geológicos de relevancia nacional, y que ya están bajo alguna categoría de conservación dentro del MAE. En Ecuador la geoconservación está

dada principalmente por las áreas naturales protegidas, aunque en estas estructuras de conservación las estrategias de gestión, investigación, difusión, divulgación, monitoreo, educación, etc., están orientadas hacia la biodiversidad. Los geositios ubicados dentro de un área protegida son considerados elementos de la naturaleza conservados por las leyes nacionales aunque, por otra parte, resultan accesorios complementarios de un territorio con alta diversidad biológica.

La tabla 3 muestra un listado de las 49 áreas protegidas pertenecientes al SNAP, ubicadas en el territorio ecuatoriano hasta agosto de 2014. Esta tabla corresponde a un análisis cualitativo de los intereses geológicos estructurales, geomorfológicos, petrográficos, paleontológicos y minero-metalúrgico. Se revisaron cada una de las 49 áreas protegidas con el fin de interpretar el nivel de interés basado en una escala de cualidades, por medio de una escala de Likert o evaluaciones sumarias, en virtud de la importancia y los diferentes tipos de intereses geológicos anteriormente mencionados (Tabla 3). Estas observaciones se basan en información de campo previamente adquirida y demás datos complementarios disponibles.

La visualización de los resultados demuestra que existen áreas protegidas cuyo valor geológico es preponderante (superlativo o muy alto), es decir, que el principales interés de ese territorio está dado por algún elemento de origen geológico. En conjunto el interés geomorfológico es el de mayor presencia en las áreas protegidas ecuatorianas, lo que de alguna forma confirma que todos estos territorios poseen un potencial geomorfológico manifiesto en las peculiaridades del paisaje (Figuras 13 y 14).

En varias áreas protegidas ecuatorianas es posible encontrar rocas tipo, como en el caso de los Parques Nacionales Llanganates, Sumaco Napo Galeras y

Figuras 9 y 10. Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Izq.: nevados Chimborazo (6.310 msnm) y Carihuairazo (5 020 msnm), principal rasgo geomorfológico presente en el territorio, símbolos de la cultura y narrativa local. Der.: estratificación cruzada en depósitos de cenizas y piroclastos en una cuenca de origen eólico, corte didáctico e interpretativo. Fuente: José Luis Sánchez Cortez.

Tabla 3. Valoración del tipo y nivel de interés geológico de cada una de las áreas protegidas pertenecientes al SNAP, de acuerdo con criterios estructurales, geomorfológicos, petrográficos, paleontológicos y minero-metalúrgicos. Estos criterios preponderan la importancia geológica de cada área en el SNAP.

Área protegida		Extensión (km^2) Est.	Tipo/Nivel de interés geológico					Otras categorías de protección
			Geom.	Petr.	Pal.	M-M		
1	Parque Nacional El Cajas	285.44	Δ	Δ	Δ		Δ	Sitio Ramsar Patrimonio Mundial
2	Parque Nacional Cotopaxi	322.55	Δ	Δ	Δ		Δ	
3	Parque Nacional Galápagos	7 995.40	Δ	Δ	Δ		Δ	Sitio Ramsar Patrimonio Mundial Reserva de Biosfera
4	Parque Nacional Llanagantes	2 197.07	Δ	Δ	Δ		Δ	Sitio Ramsar
5	Parque Nacional Machalilla	581.64 (terrestre)	Δ	Δ	Δ	Δ		Sitio Ramsar
6	Parque Nacional Podocarpus	1 449.93	Δ	Δ	Δ		Δ	Sitio Ramsar Reserva de Biosfera
7	Parque Nacional Sangay	5 177.65	Δ	Δ	Δ		Δ	Patrimonio Mundial
8	Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras	2 067	Δ	Δ	Δ	Δ		Reserva de Biosfera
9	Parque Nacional Yasuní	9 823		Δ		Δ		Reserva de Biósfera
10	Reserva Biológica Limoncocha	46.13		Δ				Sitio Ramsar
11	Reserva Marina Galápagos	135.000 (marina)						
12	Reserva Ecológica Antisana	1 200	Δ	Δ	Δ		Δ	

Tabla 3. Continúa.

13	Reserva Ecológica Arenillas	170.83	Δ		Δ		Δ	
14	Reserva Ecológica El Ángel	165.41	Δ	Δ	Δ		Δ	Sitio Ramsar
15	Parque Nacional Cayambe Coca	4 031.03	Δ	Δ	Δ		Δ	Sitio Ramsar
16	Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje	493.5		Δ		Δ		Sitio Ramsar
17	Reserva Ecológica Cofán Bermejo	554.51	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	
18	Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas	2 436.38	Δ	Δ	Δ		Δ	
19	Reserva Ecológica Los Illinizas	1 499	Δ	Δ	Δ			
20	Reserva Ecológica Mache Chindul	1 191.72	Δ	Δ	Δ	Δ		Sitio Ramsar
21	Reserva Ecológica Manglares de Churute	494		Δ	Δ			Sitio Ramsar
22	Reserva Geobotánica Pululahua	33.83	Δ	Δ	Δ			
23	Reserva de Producción de Fauna Chimborazo	585.60	Δ	Δ	Δ			
24	Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno	6.034		Δ				
25	Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado	53.09		Δ				
26	Refugio de Vida Silvestre Pasochoa	5	Δ	Δ	Δ			
27	Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Muisne	31.73		Δ				
28	Refugio de Vida Silvestre Isla Corazón y Fragatas	28.11		Δ				

Tabla 3. Continúa.

29	Refugio de Vida Silvestre Isla Santa Clara	0.05 (terrestre)	Δ	Δ	Δ	Δ		Sitio Ramsar
30	Refugio de Vida Silvestre La Chiquita	8.09		Δ				
31	Área Nacional de Recreación El Boliche	3.92		Δ				
32	Área Nacional de Recreación Parque El Lago	22.83		Δ				
33	Reserva Biológica El Cóndor	24.40	Δ	Δ	Δ	Δ		
34	Refugio de Vida Silvestre El Zarza	36.43	Δ	Δ	Δ	Δ		
35	Reserva Biológica El Quimi	90.71	Δ	Δ	Δ	Δ		
36	Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro	101.30		Δ				
37	Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas	2.43		Δ				
38	Refugio de Vida Silvestre Pacoche	135.45	Δ	Δ	Δ			
39	Reserva de Producción de Fauna Puntilla de Santa Elena	1.73 (terrestre)	Δ	Δ	Δ			
40	Reserva Marina Galera San Francisco	546.04 (marina)						
41	Parque Nacional Yacurí	430	Δ	Δ	Δ			Sitio Ramsar
42	Área Nacional de Recreación Isla Santay	22.14		Δ				Sitio Ramsar
43	Refugio de Vida Silvestre Manglares El Pambilar	31.23		Δ				
44	Área Nacional de Recreación Los Samanes	3.8						

Tabla 3. Continúa.

45	Reserva Biológica Cerro Plateado	261.14	Δ	Δ	Δ			
46	Área Nacional de Recreación Playas de Villamil	24.78						
47	Área Nacional de Recreación Quimsacocha	32.17	Δ	Δ	Δ			
48	Reserva Marina El Pelado	0.02 (terrestre)	Δ	Δ	Δ			
49	Reserva Biológica Cerro Colonso Chalupas	932.46	Δ	Δ	Δ	Δ		

CATEGORÍAS	TIPO DE INTERÉS GEOLÓGICO	NIVEL DE INTERÉS GEOLÓGICO
Parque Nacional	Estructural (Est.)	Δ Bajo
Reserva Biológica	Geomorfológico (Geom.)	Δ Medio
Reserva Marina	Petrográfico (Petr.)	Δ Alto
Reserva Ecológica	Paleontológico (Pal.)	Δ Muy Alto
Reserva Geobotánica	Minero-Metalúrgico (M-M)	Δ Superlativo
Reserva de Producción de Fauna		
Refugio de Vida Silvestre		
Área Nacional de Recreación		

Figura 11 (izq.). Parque Nacional Sangay, volcán Tungurahua (5 023 msnm) uno de los más activos del Ecuador, se encuentra en proceso de erupción por más de una década, además forma parte del territorio propuesto como Geoparque de Unesco. Figura 12 (der.). Parque Nacional Cotopaxi, cuya principal estructura la representa el volcán Cotopaxi (5 897 msnm), considerado como el volcán en actividad más alto del planeta. Fuente: José Luis Sánchez Cortez.

Figura 13 (izq.). Parque Nacional El Cajas, laguna Toreadora, vista desde el centro para visitantes, muestra las depresiones o «cajas» por acción de erosión glaciar en rocas lávicas plesitocénicas. El Parque Nacional El Cajas también ha recibido las categorías de Sitio Ramsar y Patrimonio Mundial de la Humanidad. Figura 14 (der.). Parque Nacional Machalillai, territorio costero de tradición cultural y marítima, en la imagen se aprecia el islote de Salango, sitio dedicado al buceo y es el hábitat de especies de mamíferos acuáticos, además corresponde a un hito que determina la culminación de la cordillera costera o también llamada Chongón-Colonche. Fuente: José Luis Sánchez Cortez.

Machalilla, además de estructuras geológicas que pueden fungir en el uso didáctico y turístico, como los casos de las Reservas Puntilla de Santa Elena y Colonso Chalupas. Los recursos mineros y metalúrgicos aparecen en menor medida en el SNAP; sin embargo, es posible la presencia de recursos minerales relacionados con factores volcánicos y depósitos de minerales no metálicos.

A pesar de la importancia de los intereses geológicos y el atractivo turístico que estos ejercen en la población, en la mayoría de los territorios bajo jurisdicción del SNAP los recursos geológicos no son divulgados en estos territorios, y preferentemente las estrategias de manejo y gestión se enfocan en los componentes de la diversidad biológica. En Ecuador que las áreas protegidas resulten propicias para los geositios y el patrimonio geológico en general radica, esencialmente, en la protección física y la prevención de la destrucción del recurso geológico.

Otras iniciativas

A pesar de las carencias y limitaciones brevemente expresadas con anterioridad, vale recalcar que las mayores iniciativas directas hacia el patrimonio geológico, paleontológico y minero en Ecuador, se han centrado en aspectos de divulgación. Ha sido un proceso que se ha llevado a cabo por más de una década, siendo pioneros los centros de enseñanza académica. En el año 2007 luego de sucesivas reuniones nacionales y de la vinculación con la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM), se crea la Sociedad Ecuatoriana para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPEGYM-Ecuador). A partir de este periodo hubo un tiempo de fortalecimiento interinstitucional, con foros y jornadas internacionales. Sin embargo, a la fecha, estas iniciativas han perdido frecuencia de manera prolongada, denotando pasividad. Vale recalcar que es a partir del año 2002 aproximadamente, en donde la SEDPGYM desarrolló fuertemente trabajos de divulgación y organización de eventos y capacitaciones en temáticas del patrimonio geológico, en conjunto con la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL); estos eventos fueron las plataformas para el conocimiento de metodología y casos de estudio de inventarios de patrimonio geológico.

Algunos de los principales aportes en la investigación y desarrollo de la temática a nivel nacional lo conforman múltiples inventarios de patrimonio geológico, realizados a nivel local y regional, emprendidos principalmente desde la academia (Universidad de Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Universidad Técnica Particular de Loja, Universidad Central del Ecuador, INIGEMM, etc.) (Sánchez, 2010). La Ruta de El Oro ha significado un proyectos de desarrollo local a partir del patrimonio geológico, promovido por la Escuela Politécnica del Litoral, y cuyos resultados han sido aportes para los gobiernos autónomos descentralizados de la provincia de El Oro (Martins y Carrión, 2005).

La investigación dirigida al patrimonio geológico paleontológico también ha sido una de las fortalezas a nivel nacional. El Instituto Nacional de Patrimonio

Cultural y la Escuela Politécnica Nacional han marcado pautas en prospecciones y pequeñas excavaciones paleontológicas en sitios como Tanque Loma (Provincia de Santa Elena), la quebrada de Chalan (Provincia de Chimborazo) y San Vicente (Provincia de Manabí). Parte de ese contingente de muestras paleontológicas han dado pie a la formación de museos paleontológicos con muestrarios locales y nacionales, como en los casos del Museo Paleontológico Megaterio (Universidad Estatal Península de Santa Elena), Museo de Historia Natural "Gustavo Orces V." (Escuela Politécnica Nacional) y Parque de la Megafauna (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Bolívar - Carchi).

A la par existen otros trabajos que van en el orden de investigaciones relacionadas, como en el caso de cerro Putushio (Universidad Técnica Particular de Loja y Universidad de Hamburgo), quienes emprenden labores en virtud de la geodiversidad y el patrimonio cultural local. La Ruta del Spondylus (Gobierno Nacional del Ecuador), aprovecha el paisaje cultural costero, y las geoformas marino costeras como estrategia de desarrollo turístico. Y así otros proyectos de similares perspectivas. Los geoparques, a nivel latinoamericano, aparecen como una alternativa para el desarrollo de la conservación del patrimonio geológico, y Ecuador no ha sido la excepción. En el año 2010 nace la iniciativa de Geoparque Tungurahua, por parte del gobierno central, transmitida hacia la comunidad luego de varias mesas de diálogo. Como parte del desarrollo de esta propuesta han formado parte varios ministerios nacionales, gobiernos autónomos, e incluso universidades, y luego de cuatro años se mantiene latente la iniciativa, aunque aun se espera la consolidación del proyecto. En el año 2016 este proyecto envió su solicitud para formar parte de los Geoparques Unesco, y en la actualidad se encuentra en espera de los dictámenes. Existen otras iniciativas de investigadores y universidades, sin que logren trascender. El Proyecto de Geoparque Imbabura fue otra iniciativa con fuertes perspectivas. Este proyecto presentó en 2015 su candidatura para formar parte de la Red Mundial de Geoparques; sin embargo, su adhesión no fue aceptada.

Conclusiones

El manejo institucional de la conservación inicia en Ecuador sobre fundamentos predominantemente comerciales de los recursos forestales, tornándose luego hacia un enfoque de protección y conservación de la biodiversidad, en virtud de lo cual es posible un nuevo cambio de visión. Actualmente existen los conceptos que anuncian una ruptura de paradigmas en el campo de la conservación, como

en el caso de los geoparques; sin embargo, en Ecuador aún no se registran experiencias concretas y efectivas.

Se considera que las políticas de conservación son cambiantes y deben ser adaptativas a la necesidades de preservación, siguiendo una línea evolutiva a lo largo del tiempo (Sánchez, 2013). Por esto resulta menester ampliar el horizonte de la conservación del patrimonio natural, no supeditado a la diversidad biológica (lo cual no exime de su importancia), sino más bien destacar la importancia de cada componente que otorga las características relevantes a un territorio, lugar o espacio; componentes como el suelo, el clima y la geología, son tan valiosos como los seres que habitan el territorio.

Es vital la voluntad y el apoyo político a estrategias de desarrollo basadas en los componentes geológicos; sin embargo, aun resulta complejo dejar de entender al recurso geológico como un elemento productivo o industrial en sectores estratégicos, y llegar a visualizarlo como un componente natural que pudiera ser conservado. Esto no significa que el recurso geológico no pueda o no deba ser susceptible de explotación económica, lo que si se debe promover es la consideración de que este proceso de explotación se enmarque en la sostenibilidad del recurso.

Este proceso también forma parte de consecuentes acciones a nivel administrativo, académico y social, las cuales se han venido dando en Ecuador desde hace una década, pero que perdieron protagonismo con el paso del tiempo. Los mayores esfuerzos y acciones hacia la divulgación y protección del patrimonio geológico en Ecuador han nacido de iniciativas individuales, personales y académicas, con una menor participación del Estado. Es menester buscar mecanismos que prescindan cualquier posible brecha que limite el desarrollo de legislaciones y reglamentos pertinentes para garantizar la conservación de las diversas manifestaciones del patrimonio geológico a diferentes escalas.

Por último, y como sugerencia, es importante aclarar que los recursos geológicos patrimoniales son también susceptibles de explotación económica, siempre que sea sostenible, por lo que no solo son objeto de medidas y acciones de conservación.

Referencias

Baldock, J. W. (1982), *Geología del Ecuador*, Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas, Quito, Ecuador.

Columba, K. (2013), *Manual para le Gestión Operativa de las Áreas Protegidas de Ecuador*, Ministerio del Ambiente-USAID Costas y Bosques Sustentables, Imprenta Mariscal.

Ecuador. Consejo Supremo de Gobierno (1978), Ley de Patrimonio Cultural, Quito, Ecuador.

Ecuador. Congreso Nacional (1981), Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, Quito, Ecuador.

Ecuador. Asamblea Nacional Constituyente (2010), Constitución Política del Ecuador, Quito, Ecuador.

Elbers, J. (2011), *Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro,* UICN, Quito, Ecuador.

Kruszelnicki, K. (2004), "Tall Tales about Highest Peaks". [http://www.abc.net.au/science/articles/2004/04/16/1086384.htm: 30 de junio de 2014].

Martins, L., Carrión, P (eds.; 2005), *El Patrimonio Geominero en el Contexto de la Ordenación Territorial,* Imprenta Mistral, Guayaquil, Ecuador.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (2006), Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007-2016, Proyecto GEF: Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Quito, Ecuador.

Murillo, R. 2000. *ZARUMA, historia minera, Identidad en PORTOVELO*, Ediciones Abya-Yala, Quito, Ecuador.

Museo de Historia Natural "Gustavo Orces V." (s/f), Museo de Historia Natural "Gustavo Orces V.", el, en [http://museogustavoorces.blogspot.com/p/historia.html: 30 de junio de 2014].

Museo Paleontológico Megaterio (s/f), Museo Paleontológico Megaterio., de [http://www.museo.upse.edu.ec/, 30 de junio de 2014].

Ordoñez, M., N. Jiménez y J. Suarez (2006), *Micropaleontología ecuatoriana: Datos bioestratigráficos y paleoecológicos de las cuencas: Graben de Jambelí, Progreso, Manabí, Esmeraldas y Oriente; del levantamiento de la Península de Santa Elena, y de las Cordilleras Chongón Colonche, Costera y Occidental*, Petroproducción - Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Sánchez, J., L. (2010), Manejo sustentable de puntos de interés geoturísticos (PIGT), sobre la base de la caracterización y evaluación, en la Península de Santa Elena, tesis de maestría, Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Sánchez, J., L. (2013), Propuesta para generación y gestión de geoparques bajo estructuras de participación comunitaria en América Latina, tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México.

México

José Luis Palacio Prieto
Instituto de Geografía,
Universidad Nacional Autónoma de México

Javier Gaitán Morán
Departamento Académico de Ciencias de la Tierra,
Universidad Autónoma de Baja California Sur

Yazmín Sahagún Becerra
Universidad del Mar,
Campus Huatulco

Introducción

Ubicado en el extremo sur del subcontinente norteamericano, México es un país diverso. Desde el punto de vista de la biodiversidad, México ocupa el cuarto lugar entre los 17 países considerados megadiversos[1] (Espinosa-Organista y Ocegueda Cruz, 2008), que en su conjunto agrupan las dos terceras parte de la biodiversidad mundial; su carácter como país biomegadiverso se explica por su ubicación geográfica y su compleja historia geológica.

La geología y relieve del territorio mexicano (casi 2 millones de km^2 en su porción continental) se encuentran fuertemente influenciados por la interacción de las placas tectónicas (Figura 1). La mayor parte del territorio se encuentra en la Placa Norteamericana; en la porción noroccidental, esta placa interactúa con la Placa del Pacífico a través de un sistema oblicuo y paralelo de fallas transformes asociadas al origen del Golfo de California y la separación de la península de Baja California. En su porción centro y sur, la Placa de Norteamérica converge

[1] Los países megadiversos son: Australia, Brasil, China, Colombia, Congo, Ecuador, Indonesia, Madagascar, México, Perú y Venezuela, mismos que contienen cerca del 70% de la diversidad biológica del planeta (Llorente-Bousquets *et al*., 2008:288).

Figura 1. Placas tectónicas que afectan el territorio mexicano (fuente: SGM, 2016 [http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/riesgos/tectonica/evolucion-tectonica-mexico]).

con las placas Rivera y Cocos; la colisión de estas placas da lugar a una estrecha y larga fosa que supera localmente los 5000 metros de profundidad, conocida como trinchera o fosa Centroamericana o de Acapulco. La subducción de la Placa Cocos bajo la de Norteamérica, el subsecuente empuje, fracturamiento y la fusión de rocas en el interior, son causantes de la formación de volcanes y de una importante actividad sísmica, principalmente en la porción central y sur del territorio mexicano.

Desde el punto de vista fisiográfico destacan por su extensión, las sierras Madre Occidental, Oriental y del Sur; las mesetas (altiplanicies central y septentrional) y depresiones (Balsas y central de Chiapas); el Eje Neovolcánico o sistema volcánico transversal (único sistema montañoso en el continente que une el Océano Pacífico con el Océano Atlántico, aproximadamente a lo largo del paralelo de 20º de Latitud Norte); las penínsulas de Baja California y Yucatán; y las planicies costeras que se extienden tanto en el litoral pacífico como atlántico (Figura 2).

La diversidad geológica del territorio mexicano incluye una amplia gama que va del Proterozoico hasta la actualidad (SGM, 2007). Ortega-Gutiérrez *et al.* (1992) identificaron 76 unidades estratigráficas en el territorio mexicano, las

Figura 2. Regiones fisiográficas (fuente: INEGI, 2016).

cuales incluyen 34 unidades sedimentarias, 9 vulcano sedimentarias, 12 volcánicas, 10 intrusivas y 11 metamórficas. Cinco de estas unidades corresponden al Proterozoico, 10 al Paleozoico, 28 al Mesozoico y 33 al Cenozoico. "En este caso, lo que destaca es la juventud de nuestra geología expuesta, pues el 80% de las unidades estratigráficas se ubica en el Cenozoico o Mesozoico, y únicamente el 7% pertenece al Precámbrico, y de éste a su división (eratema) más joven, que es el Proterozoico" *(op cit)*.

Protección

La conservación de la naturaleza en México tiene sus antecedentes oficiales desde finales del siglo XIX, aunque comienza como estrategia de gobierno con el decreto del primer Parque Nacional en 1917, año en que se proclama la Constitución Política que rige al país actualmente. Durante las siguientes décadas, en particular

durante la segunda mitad de la década de los años 1930, otros parques nacionales fueron decretados (Melo, 2002), teniendo entre sus objetivos más relevantes la protección de la flora y la fauna y la restauración de los bosques, así como evitar la destrucción por la acción erosiva de los agentes naturales y promover el turismo, entre otros. De esta manera, para finales de 1940, casi el 30% del territorio mexicano estaba protegido bajo diversas figuras jurídicas (zonas protectoras forestales, reservas forestales, parques nacionales y reservas de repoblación forestal; Carabias *et al*.., 2008). Lamentablemente, la transición del país hacia la industrialización provocó la sobreexplotación de los recursos naturales y el abandono de programas de protección y conservación medioambiental.

No obstante, a partir de 1970 diversos acontecimientos, entre los que se encuentra la celebración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, 1972), detonaron el interés por la protección del medio ambiente, lo cual influyó para que México retomara a las ANP como la principal herramienta de conservación ambiental. De esta manera, el número de Áreas Naturales Protegidas (ANP) siguió incrementándose hacia finales del siglo pasado y en el presente.

Actualmente, en México existen 176 ANP de carácter federal que comprenden seis modalidades: Parques Nacionales, Reservas de la Biosfera, Monumentos Naturales, Áreas de Protección de Flora y Fauna, Áreas de Protección de Recursos Naturales y Santuarios. En su conjunto, representan el 12.9% del territorio mexicano (alrededor de 254,000 km^2; CONANP, 2013). A esta superficie deben añadirse otras áreas protegidas de carácter estatal, municipal y privado. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), creada en 2000, es el órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) encargado de la administración de las áreas naturales protegidas a través de las cuales se promueve la conservación de los ecosistemas, los paisajes y la biodiversidad, es decir, patrimonio natural.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada el 28 de enero de 1988, es la principal legislación en la materia. De acuerdo con esta Ley, las ANP pueden integrarse en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), que tiene como objetivo "incluir las áreas que por su biodiversidad y características ecológicas sean consideradas de especial relevancia en el país" (LGEEPA, 1988, artículo 76). Así mismo, el Reglamento de la LGEEPA en materia de Áreas Naturales Protegidas publicado el 30 de noviembre del 2000, establece los 12 criterios que deben considerarse para incorporar a un ANP en el registro del SINAP:

1. Riqueza de especies;
2. Presencia de endemismos;
3. Presencia de especies de distribución restringida;
4. Presencia de especies en riesgo;
5. Diferencia de especies con respecto a otras áreas protegidas previamente incorporadas al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas;
6. Diversidad de ecosistemas presentes;
7. Presencia de ecosistemas relictuales;
8. Presencia de ecosistemas de distribución restringida;
9. Presencia de fenómenos naturales importantes o frágiles;
10. Integridad funcional de los ecosistemas;
11. Importancia de los servicios ambientales generados, y
12. Viabilidad social para su preservación.

En 1992 se creó la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) y poco después el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN). Estas entidades inciden en las políticas públicas relativas a la conservación. La primera lo hace desde el sector público, por su capacidad de buscar, rescatar, organizar y utilizar la información en materia de biodiversidad para la toma de decisiones por la sociedad y el gobierno; y la segunda, desde los sectores privados y filantrópicos, al obtener, administrar y distribuir estratégicamente recursos financieros y técnicos para programas y proyectos de conservación de la sociedad y gobierno, y para fortalecer las propias organizaciones conservacionistas.

México también es uno de los países que cuentan con un número de sitios importantes inscritos en la Lista del Patrimonio Mundial de la Humanidad de la UNESCO. Para 2015, México contaba con 33 sitios incluidos en dicha lista, de los cuales 27 corresponden a valores culturales, cinco a naturaleza y uno mixto. Entre los sitios de naturaleza destacan, por sus características geológicas y geomorfológicas, las Islas y Áreas Protegidas del Golfo de California (2005), las Cuevas prehistóricas de Yagul y Mitla en los Valles Centrales de Oaxaca (2010) y la Reserva de Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, Sonora (decretada en 2013). El sitio de la Antigua Ciudad Maya y Bosques Tropicales de Calakmul, Campeche (2002, 2014) cuenta también con un importante patrimonio geológico y geomorfológico, dominado por estructuras kársticas. El patrimonio geológico y geomorfológico, sin embargo, es promovido de manera limitada, salvo en el caso de la Reserva de Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, Sonora,

un destacado campo volcánico monogenético de particular interés científico y valor estético.

Como puede apreciarse, la legislación ambiental mexicana y otros esfuerzos encaminados a la protección ambiental, como sucede en la mayor parte de los países de América Latina y el mundo, está enfocada a la protección de la biodiversidad; de hecho, no existen menciones expresas, ni en las leyes ni en sus reglamentos, a la geodiversidad o al patrimonio natural abiótico (específicamente a la geología y geomorfología). Lo anterior se debe, entre otras cosas, a que la tendencia internacional se ha inclinado hacia la protección de la flora y la fauna, lo cual se traslada a la legislación ambiental mexicana. No obstante, se debe considerar que la bioconservación no es sinónimo de una *conservación ambiental integral,* ya que los ecosistemas están conformados tanto por elementos bióticos y como por abióticos, es decir, por la biodiversidad y le geodiversidad[2].

En esta línea de ideas, recientemente, académicos del Instituto de Geografía de la UNAM y del Departamento Académico de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Baja California Sur sometieron a la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Cámara de Senadores de la República una serie de propuestas con el fin de establecer de manera explícita en la LGEEPA la protección del patrimonio geológico y geomorfológico, considerando también a los geositios como el instrumento para llevar a cabo dicha protección y promoción. La propuesta se encuentra actualmente en evaluación.

Estudios existentes relativos al patrimonio geológico

Aunque existen grupos e individuos que de manera consistente han abordado la importancia del patrimonio geológico durante la última década, las referencias a los geositios, geomorfositios y geoparques en México son aún escasas (Palacio-

[2] La única mención expresa en la legislación mexicana relacionada con el patrimonio geológico se encuentra en el reglamento de la Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos, que en su artículo 28 bis establece que "las disposiciones sobre monumentos y zonas arqueológicos serán aplicables a los vestigios o restos fósiles de seres orgánicos que habitaron el territorio nacional en épocas pretéritas y cuya investigación, conservación, restauración, recuperación o utilización revistan interés paleontológico". Como se observa, la protección una parte del patrimonio geológico del país (sitios paleontológicos) es administrada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), mismo que pertenece a la Secretaría de Educación Pública.

Prieto, 2013). Destacan en este sentido los estudios realizados por el Departamento Académico de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Baja California Sur en La Paz, Baja California Sur (UABCS; ver por ejemplo Gaitán, 2005; Gaitán-Morán y Álvarez-Arellano, 2009; Gaitán-Morán *et al.*, 2001; Gaitán-Morán y Cano-Delgado, 2009; Jorajuria-Lara y Mendoza-Trasviña, 2007; Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2007). Entre las contribuciones de este grupo se encuentra, además de la identificación y caracterización de diversos geositios en la península de Baja California, la puesta en marcha del Museo de Historia Natural de Cabo San Lucas, abierto en octubre de 2006. El trabajo desarrollado por la UABCS se enmarca en un territorio en el que las actividades turísticas juegan un papel central para la economía del Estado y del país; el estado de Baja California Sur ocupa el segundo lugar en materia de competitividad turística en México (Tello-Contreras *et al.*, 2012).

Otros trabajos (Cortés-Márquez, 2009), plantean "proponer los sitios (geositios) y rutas temáticas que reflejen la riqueza cultural de la Reserva de la Biosfera de Zapotitlán de las Salinas-El Encinal (ZSE), ya sea para prevenir y minimizar la degradación del paisaje con un valor significativo, y promover los planes de educación ambiental, programas de geoconservación y la actividad turística responsable". Asimismo, algunos trabajos realizados en México con la perspectiva de los sitios de interés geológico (geositios), han sido llevados a cabo en zonas mineras; las áreas estudiadas corresponden a la región de Huetamo en el estado de Michoacán y a Guanajuato, localidades con tradición minera desde tiempos prehispánicos. Así, Uribe-Salas (2007) refiere la importancia que representan estos sitios para contribuir al desarrollo sustentable a partir de considerarlas como un elemento para la promoción de las Ciencias de la Tierra " y como ámbitos del patrimonio cultural, laboratorios in situ, útiles para generar propuestas, modelos y programas que tengan que ver con la protección de la degradación del medio natural y su conservación para usufructo de las generaciones futuras". Por su parte, Puy y Alquiza *et al.* (2010) consideran a los geositios como una alternativa para la conservación y promoción del patrimonio geológico del Área Natural Protegida El Orito, en el Estado de Guanajuato, dadas sus características "litológicas, estructurales, geomorfológicas, mineras y de recursos naturales que merecen ser conocidas por su valor patrimonial".

Con otra perspectiva, Ramírez *et al.* (2010) en su estudio de la costa norte de Michoacán, al occidente de México, proponen la integración de conocimientos existentes sobre las unidades y elementos del paisaje y la arqueología del área estudiada. Adoptan el concepto de geositio en su definición más amplia, en la cual se integran los aspectos físicos con los culturales y socioeconómicos, incor-

porando a los geoparques como concepto holístico de conservación, educación y desarrollo sustentable.

Recientemente, el Instituto de Geografía de la UNAM, con una larga trayectoria en estudios de carácter geomorfológico, ha incorporado en sus líneas de investigación a los geoparques, geositios y geomorfositios. Entre los temas que se han abordado, destacan los relativos al manejo de gemorfositios susceptibles a peligros naturales (Alcántara-Ayala 2009), la evaluación del potencial geocientífico de áreas susceptibles de ser propuestas como geoparques ante la UNESCO (Garrido-Pérez, 2004; INE, 2004; Garrido *et al*., 2007) y recientemente, la caracterización, evaluación y promoción del turismo en áreas volcánicas, tanto en México como en Centro América, con la participación de geomorfólogos y geógrafos especialistas en temas de turismo. El trabajo de Palacio-Prieto y Guilbaud (2015), por otra parte, identifica y caracteriza geositios en un campo volcánico monogenético al sur de la Ciudad de México, derivado de erupciones históricas; en dicho trabajo, se resalta el valor de los geositios con fines educativos en términos de protección civil y la prevención de desastres. Por otra parte, conjuntamente con autoridades y pobladores del municipio de Yanhuitlán, Oaxaca, actualmente se llevan a cabo diversos trabajos para la caracterización de gesoitios y geomorfositios en la Mixteca Alta, una de las regiones ambientalmente más degradadas del país; el proyecto se enmarca en la promoción del geoturismo como una alternativa de desarrollo local con base en formas de erosión extraordinarias, asociadas a un uso del suelo milenario en una de las zonas culturalmente más importantes de Mesoamérica.

También son de destacar los mapas geoturísticos resultado de la colaboración entre la *National Geographic Society* (NGS), el Fondo México para la Conservación de la Naturaleza y los gobiernos de Sonora y Baja California Sur (National Geographic Society 2007a y 2007b). Esta cartografía refiere los aspectos más relevantes de los territorios incluidos, haciendo más énfasis en los aspectos culturales y bionaturales que los puramente geológicos y geomorfológicos, aunque estos no están ausentes. Otro ejemplo es la Guía Geoturística del Parque Nacional Grutas de Cacahuamilpa, que incluye el plano de la Gruta (Palacio-Prieto y Gómez-Aguado, 2014), elaborado como un documento base para la promoción del geoturismo.

En los últimos años, los temas relativos al geopatrimonio y los geoparques han sido y son abordados en tesis profesionales y de grado (ver por ejemplo, Sahagún, 2014; De Jesús, 2014; Solís-García, 2015; López-Castañeda, 2016); también se han publicado artículos (ver, por ejemplo, Palacio-Prieto, 2013, 2015 y 2016; Palacio-Prieto y Gómez- Aguado, 2014; Palacio-Prieto y Guilbaud, 2015;

Gómez-Aguado y Palacio-Prieto, 2016; Palacio-Prieto et al., 2016) y las contribuciones en reuniones y congresos nacionales (ver, por ejemplo, UAEM, 2014) e internacionales (Suárez-Rodríguez et al., 2014; Domínguez-Herrera y Palacio-Prieto, 2014; Rosado-González, 2014) han ido en aumento".

Desde otra perspectiva, cabe señalar también algunas iniciativas tendientes a la creación de geoparques en México (Figura 3). Estas iniciativas destacan el valor geológico y geomorfológico de algunas localidades que, por lo general, corresponden totalmente o incluyen dentro del territorio considerado a Áreas Naturales Protegidas de carácter federal. En 2005, un grupo de investigadores del Instituto de Geografía y su entonces unidad académica ubicada en la ciudad de Morelia, Michoacán, elaboraron una propuesta para conformar una red de geoparques estatal; la Secretaría de Medio Ambiente e Historia de Chiapas, junto con académicos de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) han propuesto, desde 2012, la creación de un geoparque en la región central de dicho estado, comprendiendo 21 municipios (Proyecto de Geoparques Entre Cañones"; Avendaño-Gil *et al.* 2014). También en 2012, se propuso la creación del geoparque del Volcán Chichón, con la participación de académicos del Instituto de Geografía de la UNAM y la propia UNICACH; en marzo de 2013, en

Figura 3. Áreas en estudio encaminadas a la creación de geoparques en México. 1) La Primavera; 2) Huasteca Potosina; 3) Comarca Minera de Hidalgo; 4) Distrito Minero El Oro-Tlalpujahua; 5) Taxco-Pilcaya; 6) Municipio de Yanhuitlán, Mixteca Alta;; 7) Volcán Chichonal; 8) Entre Cañones y 9) Volcán Tacaná.

ocasión de la presentación del libro referente a "La Apasionante Geología del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera" (Bye, 2013), se propuso a esta área para conformar un geoparque en el área natural protegida de "La Primavera", en el estado de Jalisco; también con base en un extraordinario patrimonio geológico-geomorfológico, se propuso, más recientemente, la conformación de un geoparque en la región kárstica de la Huasteca Potosina y otro geoparque más se promueve en los municipios de El Oro y Tlalpujahua, en los estados de México y Michoacán, respectivamente, cuyo patrimonio histórico minero constituye un patrimonio tradicionalmente aprovechado con fines turísticos.

Es importante señalar que en mayo de 2015 se llevó a cabo en México el Taller "Geoparks and geoheritage; promoting geoheritage in Latin America". El taller, organizado por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México y la División de Ciencias Ecológicas y de la Tierra de UNESCO, tuvo como principal objetivo promover la creación de geoparques en América Latina y conocer las iniciativas que en este tema se están desarrollando en la región. En el taller participaron reconocidos especialistas representantes de la UNESCO, las redes Europea y Global de Geoparques, así como otros provenientes de siete países latinoamericanos. Uno de los resultados más destacables de este taller fue el interés por conformar una Red de Geoparques de América Latina y el Caribe, iniciativa que se espera cristalice en los próximos años.

En noviembre de 2015, finalmente, se sometieron a evaluación los dos primeros proyectos de geoparques mexicanos a la UNESCO para ser eventualmente reconocidos como Geoparques Globales UNESCO. En ambas propuestas participaron la comunidad científica (universidades federales y estatales), autoridades municipales y estatales, prestadores de servicios turísticos y grupos preocupados por la conservación y promoción del patrimonio geológico y geomorfológico.

El primero de estos proyectos, el Geoparque Mixteca Alta, en el Estado de Oaxaca, corresponde a un territorio reconocido por la presencia de rasgos derivados de una intensa erosión milenaria, asociados a la actividad agrícola que inicia hace unos 4000 años y que se intensificó en los últimos siglos. Se trata de un territorio en el que las características geológicas, la arqueología y la historia ofrecen un claro ejemplo de la relación entre el medio natural y social que posee un alto potencial educativo y para la divulgación de las Ciencias de la Tierra. Por otra parte, el proyecto de geoparque Comarca Minera de Hidalgo, ubicado en el estado de Hidalgo, está fundamentado en un importante patrimonio histórico minero cuyos antecedentes se ubican en tiempos prehispánicos y virreinales. Un componente común de ambos proyectos es contribuir al desarrollo de comunidades locales a partir de actividades geoturísticas.

La propuesta de estos dos proyectos adquiere especial interés en el contexto de la creación del "International Geosciences and Geoparks Programme" (IGGP) de la UNESCO, en virtud de la cual se crean los Geoparques Globales de la Unesco (categoría aprobada el 17 de noviembre de 2015 por los 195 estados miembros de esa organización durante la 38 sesión de su Conferencia General; cabe resaltar que es el primer programa que declara la UNESCO en el área de las Ciencias de la Tierra en 40 años.).

Selección de sitios y registro

Aunque en algunos trabajos, elaborados principalmente en el ámbito académico, se identifican algunos sitios de interés geológico y geomorfológico, no existe en México un registro sistematizado de los mismos. Igualmente, los geositios y geomorfositios identificados en diversas publicaciones carecen de un método común para su caracterización y por lo general se basan en metodologías desarrolladas en otros países. La elaboración de un inventario de geositios es, por tanto, una tarea pendiente y necesaria.

Por otra parte, dado el marco legislativo vigente en México, se ha contemplado partir de un inventario de geositios en algunas ANP. Se ha considerado que, ante la ausencia de figuras legales específicas encaminadas a la geoconservación, las ANP constituyen territorios idóneos para la identificación, evaluación y promoción el patrimonio geológico y geomorfológico en nuestro país, toda vez que en la mayoría de los casos cuentan con un plan de manejo y se encuentran sujetas a protección por parte del Estado. La consideración de este patrimonio abiótico constituiría un tema relevante en términos de la conservación de la naturaleza y contribuiría de manera eficaz en los campos educativo y económico, más si se considera que en muchos casos es el patrimonio geológico y geomorfológico el principal rasgo distintivo de varias ANP mexicanas y uno de sus atractivos principales en los que se basa la actividad turística.

En este contexto, un estudio reciente (Palacio, 2016), destaca que alrededor de las dos terceras partes de las 176 ANP federales decretadas en México poseen un alto interés desde el punto de vista geológico y geomorfológico y en ocasiones representan su principal atractivo. Dicho estudio se basa en la opinión de un grupo de expertos, e incluye 30 de las ANP que poseen rasgos geológicos y geomorfológicos destacados. Si bien la lista de ANP es indicativa, es una muestra representativa del conjunto total y los geositios identificados incluyen sitios de

carácter volcánico, kárstico, fluvial, eólico, marino, estratigráfico y estructural. Algunos ejemplos se describen en la Figura 4.

El Pinacate y Gran Desierto de Altar

Esta ANP, considerada en la categoría de Reserva de la Biosfera, forma parte del programa El Hombre y la Biosfera de la UNESCO desde 1995, es un sitio RAMSAR a partir de 2009 y desde 2013 fue incluida en la lista del Patrimonio Mundial por la misma organización. Tiene una superficie de 714 mil 566 hectáreas.

La Reserva se ubica en el desierto sonorense, uno de los cuatro grandes desiertos norteamericanos y el estado de conservación de las geoformas es excepcional (Figura 5). Se trata de un extenso conjunto volcánico monogenético compuesto por más de 400 conos cineríticos en donde abundan los derrames lávicos de basalto y también volcanes de escudo, así como 10 maares ejemplares de hasta casi dos kilómetros de diámetro, derivados de procesos explosivos y colapsos. La reserva comprende también el campo de dunas activas más grande de Norteamérica, de hasta 200 metros de altura y afloramientos graníticos que representan otro de sus rasgos geológicos y geomorfológicos distintivos.

Figura 4. Ejemplos de ANP con sitios de interés geológico y geomorfológico en México. 1) Reserva de la Biosfera de El Pinacate y Gran Desierto de Altar; 2) Archipiélago Espíritu Santo; 3) Huasteca Potosina; 4) Grutas de Cacahuamilpa; 5) Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.

Figura 5. Reserva de la Biosfera de El Pinacate; mar "El Elegante" y campo de dunas (imágenes tomadas de Google Earth).

Archipiélago Espíritu Santo

La mayoría del conjunto de islas, islotes y promontorios rocosos que conforman el archipiélago están constituidos por afloramientos de rocas volcánicas y volcaniclásticas, de edad miocénica, que integran una secuencia estratigráfica de gran volumen. Esta gruesa secuencia descansa sobre rocas graníticas más antiguas, de posible edad cretácica, cuyos afloramientos se circunscriben únicamente hacia la parte sureste del archipiélago (Aranda-Gómez y Pérez-Venzor, 1986; figuras 6 y 7).

Los diversos afloramientos rocosos, distribuidos en los 105 km² que ocupan en conjunto las porciones terrestres del archipiélago han sido caracterizados y cartografiados en nueve unidades litológicas que pueden ser identificadas fácilmente en el terreno. Algunas de las características reconocibles se observan visualmente en algunas de las rocas volcánicas más resistentes a la erosión al presentar una expresión geomorfológica singular, por ejemplo los rasgos acantilados que han sido generados por procesos de erosión diferencial (Aranda-Gómez y Pérez-Venzor, 1986). Además, algunas de las unidades litológicas reflejan diversas tonalidades de color constituyendo una cualidad que, al igual que rasgo geomorfológico antes mencionado, permite identificar y seguir, a una distancia razonable, el trazo continuo de la mayoría de las unidades litológicas reconocidas. El archipiélago está asociado al sistema de fallas subsidiario del Golfo de California; las islas son porciones continentales que derivaron por la tectónica

Figura 6. Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur (imagen tomada de Google Earth)

Figura 7. Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur. En la parte noroccidental de la isla La Partida se aprecia un contacto entre un derrame basáltico, que corresponde a la unidad litológica Basalto olivínico Punta Tintorera, sobreyaciendo a la Ignimbita riodacítica La Ballena. La edad del derrame es de 16.5 ± 0.3 millones de años (Hausback, 1984). Fotografía: Javier Gaitán Morán).

regional durante el Cuaternario y su morfología está caracterizada por una serie de mesetas y valles orientados EW. La costa está caracterizada por una serie de indentaciones (entrantes), bahías, caletas, ensenadas y playas "de bolsillo", que se han desarrollado a través de los planos de fractura, permitiendo en su límite con la costa el desarrollo de playas y comunidades de manglar. El archipiélago es

representativo de la dinámica tectónica del Golfo de California y ejemplifica el origen de sus rasgos insulares.

Región de la Huasteca Potosina

La Huasteca Potosina se ubica hacia el noreste de México y al oriente del Estado de San Luis Potosí, específicamente entre la costa norte del Golfo de México y la Sierra Madre Oriental. Territorialmente ocupa parte de la planicie costera del golfo y una porción de la región montañosa.

Geológica y geomorfológicamente la región que ocupa la Huasteca Potosina destaca en lo general, y de manera excepcional, por constituir un territorio donde los procesos tectónicos, sedimentarios y erosivos han jugado un papel fundamental en el desarrollo evolutivo de su naturaleza. Dicha evolución, que se encuentra documentada en los rasgos fisiográficos, las rocas y depósitos sedimentarios, así como en las estructuras geológicas y las morfologías del terreno, constituye la evidencia de una larga y compleja historia geológica y geomorfológica. Lo anterior se refleja en los múltiples estadios paleoambientales, tanto de sedimentación marina como de una terrígena, además por las características de los esfuerzos tectónicos que fueron causa de la inmersión, emersión y deformación de la corteza terrestre relacionada con el desarrollo orogénico que culminó con el levantamiento de la Sierra Madre Oriental y posteriormente con la formación de la Llanura Costera del Golfo de México. Este proceso evolutivo se extendió cronológicamente desde el Jurásico Superior hasta el Holoceno (Consejo de Recursos Minerales, 1992).

Cuenta con una riqueza excepcional de recursos patrimoniales, tangibles e intangibles, y un enorme potencial geoturístico dentro de su espacio territorial. Entre los sitios con este potencial se encuentran, entre otros, la Cascada de Tamul, la Cueva del Agua, el Puente de Dios, el Sótano de las Huahuas (figura 8), el Sótano de Las Golondrinas y las Cuevas de Mantetzulel. Los últimos tres constituyen ya recursos patrimoniales que se ubican en igual número de Áreas Naturales Protegidas bajo la modalidad de Monumentos Naturales; la declaratoria se sustenta en el hecho de que contienen rasgos geológico-geomorfológicos subterráneos excepcionales y de gran magnitud que resguardan ecosistemas únicos que son ampliamente conocidos, a nivel nacional e internacional. Todo esto aunado a otro tipo de recursos existentes como los florísticos, faunísticos, históricos y culturales, añaden una mayor riqueza patrimonial al sitio.

Figura 8. Sótano de las Huahuas, en el municipio de Aquismón, San Luis Potosí. Tomado de Google Earth (sbennett1298).

Grutas de Cacahuamilpa

Estas grutas se encuentran en el Parque Nacional Grutas de Cacahuamilpa. Se trata de la caverna más conocida, estudiada y visitada de México y se distingue por las dimensiones de su bóveda, de hasta 90 metros de altura, y una extensa variedad de espeleotemas, algunos de dimensiones colosales (Figura 9). Se trata de una caverna inactiva o fósil en la que existen evidencias del paso de una corriente fluvial en el pasado. En el mismo parque se ubican otras cuatro cavernas, dos de las cuales son activas, por las cuales discurren ríos de importante caudal y que genéticamente se asocian a la gruta principal de Cacahuamilpa. La caverna está acondicionada para los visitantes; cuenta con una plataforma de dos kilómetros de longitud e iluminación y el recorrido se lleva a cabo con guías locales, quienes están a cargo junto con la CONANP, de la coadministración del parque. Situado en una zona sísmica, la caverna proporciona información de interés para establecer el comportamiento paleosísmico de la región, con base en el estudio y análisis geoquímico de estalagmitas derrumbadas, abundantes a lo largo de la galería. Desde el punto de vista arqueológico, existen evidencias de ocupación del período pre-clásico (hace unos 3,000 años). Además de las cavernas, en el parque son frecuentes otras formas exocársticas representativas, que incluyen dolinas, *poljes* y

Figura 9. Caverna principal del Parque Nacional Grutas de Cacahuamilpa y Plano Geoturístico (fotografía: Felipe D. Guzmán)

Figura 10. Volcanes Iztaccíhuatl y Popocatépetl (fotografías: José Luis Palacio).

ponors. El parque recibe más de 300 000 visitantes anualmente, lo que demuestra que en las ANP se desarrolla el geoturismo aun cuando no es identificado como tal. Esto a su vez denota la necesidad de establecer los parámetro necesarios para regular e impulsar el geoturismo a través del desarrollo sostenible.

Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl

Decretado en 1935 como Parque Nacional y como Reserva de la Biosfera en 2010, en este parque se encuentran dos de las estructuras volcánicas más elevadas de México (volcanes Popocatépetl - 5426 m - e Iztachíhuatl - 5286 msnm; figura 10). El volcán Popocatépetl es un estratovolcán actualmente en actividad. Dada su altitud, en este parque se identifican, además de las estructuras volcánicas ejemplares, formas glaciales (morrenas, valles y circos) que, en México, poseen una distribución restringida y que han permitido la reconstrucción paleogeográfica del Holoceno en esta porción del territorio mexicano. Por su cercanía al área metropolitana de la Ciudad de México y ciudades como Puebla, entre otras, es una de las ANP más visitadas por turistas nacionales e internacionales. Así mismo, es una de las áreas más estudiadas desde el punto de vista geológico y geomorfológico y su actividad se encuentra sujeta a un monitoreo volcánico altamente especializado. La divulgación de las Ciencias de la Tierra, y en particular los aspectos relacionados con protección civil, son temas que pueden promoverse entre la población a partir de geositios representativos a lo largo del parque. En 2010 fue decretado por la UNESCO como Reserva de la Biosfera.

Perspectivas

Como se ha indicado, existe un número creciente de trabajos en los que los geositios y geomorfositios comienzan a ser considerados y actualmente dos proyectos de geoparques son evaluados por la UNESCO para su eventual reconocimiento como Geoparque Global UNESCO. El proceso de candidatura que acompañó la propuesta de ambos geoparques representó un aprendizaje para las instituciones mexicanas que, en general, desconocían incluso la existencia de esta iniciativa. Diversas secretarías de Estado a nivel federal, entre ellas las de Relaciones Exteriores, Medio Ambiente, Turismo, Economía y Educación participaron en alguna medida en este proceso y fue esta última, a través de la Comisión Nacional de Cooperación ante la UNESCO, la que presentó formalmente la candidatura de los

Geoparques Mixteca Alta, Oaxaca, y Comarca Minera de Hidalgo en noviembre de 2015. Ante la reciente oficialización del *International Geoscience and Geoparks Programme* (IGGP; en noviembre de 2015), estas dos candidaturas adquieren especial relevancia para México y la región latinoamericana.

El reconocimiento de estas iniciativas contribuiría sin duda a impulsar la creación de nuevos geoparques en México. Como se señaló antes, en al menos otros siete territorios se llevan a cabo trabajos encaminados a ello y específicamente en dos de ellos el grado de avance es considerable (proyectos de geoparque Huasteca Potosina y Distrito Minero El Oro-Tlalpujahua).

Un problema asociado es la falta de un acuerdo nacional entre quienes actualmente promueven la conformación de geoparques, lo que resulta en la utilización de criterios diversos, perspectivas distintas y resultados fragmentados y sin coordinación. Ante esta perspectiva, se promueve actualmente la creación de un Foro Mexicano de Geoparques (FMG) en el que converjan, además de los grupos académicos que actualmente promueven la creación de geoparques, las autoridades federales con competencia en la materia, y que incluyen, en principio, a las secretarías de Medio Ambiente (a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), Educación y Turismo, así como organizaciones no gubernamentales e iniciativa privada (Sahagún, 2014). A la par de la conformación del FMG será necesario establecer los lineamientos y normas a seguir para la creación de geoparques, lo cual evitará que las iniciativas actuales, carentes de un marco jurídico a nivel nacional, promuevan un escenario confuso que desvirtúe los objetivos de la valoración del patrimonio geológico y geomorfológico.

Conclusiones

Como muchos otros países, tanto de América Latina como del mundo, México cuenta con geositios representativos de la evolución de su territorio cuya conservación y promoción está plenamente justificada. No obstante existir dos candidaturas formales que buscan reconocimiento como Geoparques Globales UNESCO, las iniciativas encaminadas a su protección y promoción han tenido sólo alcances limitados debido a diversas razones, entre las cuales pueden referirse las siguientes: 1) Los temas relativos a la geodiversidad, geoconservación, patrimonio geológico, geositios y geoparques son novedosos y su penetración en el medio mexicano es aún incipiente; 2) la geología no es una disciplina escolar; si bien las asignaturas de geografía suelen considerar algunos aspectos de la geología, tanto a nivel medio como medio superior, los temas específicos sobre geología son

abordados sólo de manera limitada, además, debe considerarse que las reformas educativas recientemente instrumentadas en México han reducido de manera considerable las horas dedicadas en general a estos temas, lo cual, en general, contribuye a su escaso aprecio público y, consecuentemente a una desatención por parte de los tomadores de decisiones; 3) las entidades administrativas son muy poco receptivas a iniciativas encaminadas a la promoción de las Ciencias de la Tierra y del patrimonio geológico; 4) la conservación muestra un claro sesgo a los aspectos biológicos, de manera que el papel que juegan los aspectos geológicos y geomorfológicos son considerados, si acaso, como secundarios o accesorios; 5) aunque existe un creciente interés en la geoconservación, no existen iniciativas coordinadas y sistemáticas para llevar a cabo un registro nacional de sitios de interés geológico.

No obstante esta situación, existen una serie de condiciones favorables: 1) el número de contribuciones en temas relativos a los geositios y geomorfositios y las contribuciones en foros nacionales e internacionales de especialistas mexicanos han ido en aumento y existen también iniciativas de sectores no académicos que promueven la creación de geoparques; 2) existen también proyectos de investigación en desarrollo que cuentan con financiamiento, si bien limitado, encaminados a la identificación de geositios y su promoción con fines geoturísticos, lo cual incide en la promoción de las Ciencias de la Tierra, en general, y del patrimonio geológico, en particular; 3) el territorio mexicano se encuentra ampliamente estudiado en temas de geología y geomorfología y se cuenta con importantes insumos para la identificación y valoración del patrimonio geológico, que incluyen cartografía en diversas escalas, reportes técnicos, artículos, guías de excursiones geológicas y libros, entre otros.

En general, la valoración y promoción del patrimonio geológico debe enfocarse desde una perspectiva interdisciplinaria, en donde es deseable la participación coordinada de autoridades, la academia, organizaciones no gubernamentales y la iniciativa privada. Un tema particularmente importante, dada la importancia que el sector representa en México, es el desarrollo del geoturismo. Igualmente, de acuerdo con la estructura social de México, la planeación y participación comunitaria local en los proyectos de geoparque resulta indispensable; son sus habitantes quienes deben involucrarse en su administración y beneficiarse de las actividades que en él se lleven a cabo.

Agradecimientos

Este trabajo contó con el apoyo de la DGAPA-UNAM, proyecto IN100714: "Valoración y promoción del patrimonio geológico geomorfológico: geositios y geomorfositios".

Referencias

Alcántara-Ayala, I. (2009), "Geomorphosite management in areas sensitive to natural hazards", in Reynard, E. (Ed), *Geomorphosites*, Chapter 12, Pfeil, Munich, p 163-173.

Aranda Gómez, J. J. y J. A. Pérez Venzor (1986), Reconocimiento Geológico de las islas Espíritu Santo y La Partida, Baja California Sur. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, revista 16, 103-116.

Avendaño Gil M. J., F. Esquinca Cano, M.A. Coutiño José y G. Carbot-Chanona (2014), *Geoparque: entre cañones, depresión central de Chiapas*, Memorias de la IX Reunión Nacional de Geomorfología, Toluca, Estado de México, 8-10 de octubre, pp 150-153

Bye, B. (2013), *La apasionante geología del área de Protección de Flora y Fauna La Primavera*, U.S. Peace Corps, 72 p.

Carabias, J., J. De la Maza, y E. Provencio (2008), "Evolución de enfoques y tendencias", en J. Sarukhán, *Capital natural de México* (págs. 30-41). México: CONABIO

CONANP (2013), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [http://www.conanp.gob.mx: página consultada en julio de 2015].

Consejo de Recursos Minerales (1992), *Monografía geológico-minera del estado de San Luis Potosí: SEMIP*, Publicación M-7e, 218 p.

Cortés Márquez, N. (2009), *Geoconservación y Cultura: un análisis del paisaje en Zapotitlán Salinas-El Encinal, Puebla*, tesis de maestría en Geografía, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.

Domínguez Herrera, E. y J.L. Palacio Prieto (2014), First step: Quintana Roo (Mexico) is looking for Geoparks! 6th International UNESCO Conference on Global Geoparks, Saint John, Canada, 19-22 septiembre, Abstracts, pp 18.

De Jesús Rojas, J. C. (2104), *Geomorfositios del volcán Parícutin, Michoacán, México*, tesis de Licenciatura en Geografía, Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, 223 p.

Espinosa Organista, D. y S. Ocegueda Cruz (2008), "El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural", en Sarukhán, J. (coordinador general) *Capital Natural de México*, CONABIO, vol. 1, pp 33-65.

Gaitán, J. (2005), "Los recursos patrimoniales como factor de desarrollo en Baja California Sur", *Revista de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz*, *Panorama*, núm. 51, p. 5-7.

Gaitán Morán, J. y A. Álvarez Arellano (2009), "The protection and use of the geological and paleontological heritage in Baja California Sur, Mexico", in -Lipps J.H. & Granier B.R.C. (eds.), PaleoParks - *The protection and conservation of fossil sites worldwide*.- Carnets de Géologie / Notebooks on Geology, Brest, Book 2009/03, Chapter 04 (CG2009_BOOK_03/04)

Gaitán Morán, J., y J.J. Cano Delgado (2009), "Las salinas de Guerrero Negro, Baja California Sur-México: un elemento del patrimonio geológico como factor de desarrollo territorial", en Revista *digital El Alfolí*. Noticiario salino y salado de la Asociación de Amigos de las Salinas de Interior, n. 6, pp.: 19-29.

Gaitán, J., L.A. Herrera, M. Oseguera, F. Reygadas, K. Busto y O.G. Pérez (2001), "Conservación del Patrimonio en Baja California Sur: Una iniciativa de infraestructura profesional transfronteriza", in Lewis S.E & Demaree K.P. (eds.), *Pacific Coast Council on Latin American Studies* 2001 Proceedings, Tijuana, vol. 19,p. 43-46.

Garrido Pérez, A. (2004), "*Developing a GIS-oriented method for landscape evaluation within the framework of Geopark launched by UNESCO; Case study of the "Pico de Tancítaro area in Central Mexico*", MSc Thesis, International Institute for Geoscience Information Science, The Netherlands.

Garrido-Pérez A., J. L. Palacio-Prieto, J. Fuentes-Junco (2007), *Evaluando la importancia geocientífica del Pico de Tancítaro y su potencialidad para ser reconocido en la Red Global de Geoparques de la UNESCO*, VII Reunión Nacional de Geomorfología, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) Morelia, Michoacán, 26 al 29 de noviembre, 2007.

Gómez-Aguado de Alba Guadalupe C. y José Luis Palacio Prieto (2016), La gruta de Cacahuamilpa, un siglo de historia, *Revista Secuencia*, Instituto Mora, México, núm. 94, pp 110-147.

Hausback, B.P. (1984), "Cenozoic volcanic and tectonic evolution of Baja California Sur, Mexico", in Frizzel, V. (ed) *Geology of the Baja California Peninsula*, Pacific Section S.E.P.M. 39 p. 219-236.

INE (2004), *El establecimiento de Geoparques en México: un método de análisis geográfico para la conservación de la naturaleza en el contexto del manejo de cuencas hídricas*, Dirección de manejo integral de cuencas hídricas, Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, Convenio : INE/ADE-028/2004**,** Instituto Nacional De Ecología**.**

INEGI (2016), Regiones fisiográficas de México, [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/fisiografia/infofisiografica.aspx: enero de 2016].

Jorajuria Lara R. y A. Mendoza Trasviña (2007), Limitaciones metodológicas encontradas durante el inventario y caracterización de geomorfositios en el Corredor Turístico de Los Cabos, Baja California Sur VII Reunión Nacional de Geomorfología, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) Morelia, Michoacán, 26 al 29 de noviembre, 2007.

LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente) (1988), Nueva Ley publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 28 de enero de 1988. Última reforma publicada DOF 30-08-2011.

López Castañeda, N. (2016), Transformacion antropica del paisaje por practicas agricolas en Yanhuitlan, Oaxaca, tesis de Licenciatura en Geografía en el Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, mayo de 2016, 125 p.

Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda (2008), Estado del conocimiento de la biota, en Sarukhán, J., *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.

Martínez Gutiérrez G., F. Reygadas Dahl, y D. Orozco Quintana (2007), "La Piedra Pintada, un Geomorfositio en Baja California Sur: Estudio geoarqueológico y biosocial de poblaciones cazadoras-recolectoras en la Sierra La Laguna, B.C.S., México", VII Reunión Nacional de Geomorfología, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) Morelia, Michoacán, 26 al 29 de noviembre, 2007.

Melo-Gallegos, C. (2002), *Áreas Naturales Protegidas de México en el Siglo XX*, Colección Temas Selectos de Geografía de México, Instituto de Geografía, UNAM. México.

National Geographic Society (2007a), *Mapa Guía de Geoturismo de Arizona y Sonora*, NGS, Oficinas de Tursimo de Sonora y Arizona, Departamento del Interior, USA.

National Geographic Society (2007b), *Mapa Guía de Geoturismo de la Península de Baja California*, NGS, FMCN, Departamento del Interior, USA.

Ortega-Gutiérrez, F., L.M. Mitre-Salazar, J. Roldán, Quintana, J.J. Aranda-Gómez, D. Morán-Zenteno, S.A. Alaníz-Álvarez y A.F. Nieto-Samaniego (1992), *Carta Geológica de la República Mexicana*, 5a ed. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales, Mapa en escala 1:2000000, con texto explicativo de 74 p.

Palacio Prieto J.L. (2013), "Geositios, geomorfositios y geoparques; importancia, situación actual y perspectivas en México" *Investigaciones Geográficas,* UNAM, México, pp. 107-124.

Palacio Prieto, J.L. (2016), "La Red Mexicana de Geoparques; propuesta para la valoración y promoción del patrimonio geológico y geomorfológico", en Moncada-Maya, O. y A. López-López, *70 años del Instituto de Geografía*, Instituto de Geografía, UNAM.

Palacio Prieto, J.L. y G. C. Gómez-Aguado de Alba (2014), "Caverns and Geotourism in Mexico; the case of the Cacahuamilpa cavern", *International Journal of Geoheritage*, vol.2, num. 1, March.

Palacio Prieto J.L. y M.N. Guilbaud (2015), "Patrimonio natural de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y áreas cercanas: sitios de interés geológico y geomorfológico al sur de la Cuenca de México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol 67, núm. 2, pp 227-244.

Palacio-Prieto J.L., E. Rosado-González, X. Ramírez-Miguel, O. Oropeza-Orozco, S. Cram-Heydrich, M. A. Ortiz-Pérez, J. M. Figueroa-Mah-Eng y G. Fernández de Castro-Martínez (2016), *Erosion, culture and geoheritage; the case of Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca*, México Geoheritage. DOI 10.1007/s12371-016-0175-2.

Puy y Alquiza, M., Miranda Avilés, R. y Caudillo González, M. (2010), "Propuesta de puntos de interés geológico y minero en el Área Natural Protegida El Orito. Distrito Minero de Guanajuato, México". *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 595-607.

Ramírez María T., R. Novella y N. Barrera-Bassols (2010), "Reconciliando naturaleza y cultura: una propuesta para la conservación del paisaje y geositios de la costa norte de Michoacán, México", *Revista de Geografía Norte Grande*, 46: 105-121 (2010)

Rosado González, E. (2014), *Geotourism in caverns of México: a proposal for the protection of geomorphological heritage in a sustainable development context*, 6th International UNESCO Conference on Global Geoparks, Saint John, Canada, 19-22 septiembre, Abstracts, pp 79-80.

Sahagún, E. (2014), *La experiencia internacional en la formación de geoparques como un régimen para la gestión ambiental en México*, tesis de Maestría, Universidad del Mar, Huatulco, México.

SMG (2007), "Texto explicativo de la Carta Geológica de México", Servicio Geológico Mexicano, México.

SMG (2016), "Evolución Tectónica de México", [http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/riesgos/tectonica/evolucion-tectonica-mexico: enero de 2016].

Solís García A.I. (2015), *Identificación y valoración de geositios y geomorfositios en Huasca de Ocampo, Hidalgo*, tesis de Licenciatura en Geografía, Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, 223 p.

Suárez Rodríguez, I. A. Gutiérrez Hernández y G. Ahuja Ormaechea (2014), *Connecting: recinatur and the Proposed Geo-Park in Huasteca Potosina, Mexico*, 6th International UNESCO Conference on Global Geoparks, Saint John, Canada, 19-22 septiembre, Abstracts, pp 78-79.

Tello Contreras, J. M., G. C. Cerda Martínez y P. Pardo Manzanares (2012), Índice de competitividad turística de los estados mexicanos, ICTEM-2012, Centro de Investigación y Estudios Turísticos del Tecnológico de Monterrey.

UAEM (2014), "Memorias de la IX Reunión Nacional de Geomorfología", Universidad Autónoma del Estado de México-Sociedad Mexicana de Geomorfología-Instituto de Geografía-Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, Toluca, Edo. de Méx. 2014, 225 pp

Uribe Salas J.A. (2007), "Patrimonio geológico y minero en la región de Huetamo", *La Voz de Michoacán*, año 1, núm. 25, Morelia, Michoacán, 5 de diciembre de 2007, Morelia, México.

Perú

Bilberto Zavala Carrión
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Introducción

Perú, ubicado en la parte central de la Cordillera de los Andes, alberga una historia y registro geológico importante con rocas desde el Precámbrico al presente, característica que permite considerarlo un país con una geodiversidad importante. Territorio extendido entre la costa occidental del Pacífico, sierra y altiplanicie cordillerana, vertiente subandina y extensa llanura amazónica oriental. Este conocimiento geológico data de las primeras décadas del siglo pasado con la publicación la *Geología del Perú,* de Steinmann (1929), originalmente en alemán y luego traducida al español. En las siguientes décadas publicaciones del Servicio de Geología y Minería como *Sinopsis de la geología del Perú* (Bellido, 1962) y el primer mapa geológico del Perú elaborado por la Comisión Carta Geológica Nacional (1960-1975) y presentado en 1977. Por su parte, las publicaciones del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) han permitido un mayor entendimiento de la geología de nuestro territorio, destacando el trabajo de Palacios *et al*. (1995) y los más de 148 boletines de la Carta Geológica a escala 1:100 000, hoy en fase de revisión y actualización a escala 1:50 000. Las descripciones geológicas de nuestro territorio destacan rocas y formaciones geológicas, estructuras geológicas, paisajes y geoformas de diferentes ambientes de origen y paleogeografía, como testigos de la evolución de una cordillera de los Andes con episodios de acumulación marina y continental, actividad volcánica e intrusiones ígneas, así como procesos de metamorfismo y fases tectónicas marcadas, que han servido como objeto de investigación de misiones geológicas francesas e inglesas, principalmente. Estas características, sin lugar a dudas, engloban algunas que por su jerarquía geológica puedan ser considerados en su momento lugares de interés geológico de interés mundial en el Programa Global Geosites.

Los afloramientos representativos constituyen en algunos sectores un patrimonio geológico poco conocido y difundido, que no solo deben ser considerados de utilidad como recursos económicos (yacimientos minerales metálicos de diferente origen y metalogenia; Perú ocupa el segundo en producción de zinc, el tercero en plata, el cuarto en plomo, el quinto en cobre y estaño, el sexto en tungsteno y molibdeno y el noveno en oro; de hidrocarburos, acuíferos, etc.) o elementos representativos para la investigación geocientífica (estratotipos, discordancias, series estratigráficas, fallas regionales, megabrechas, fases volcánicas, batolitos, complejos metamórficos, etc.), sino que sirvan además como un recurso de carácter didáctico-educativo para una población que desconoce de la geología de su territorio y de la utilización sostenible del recurso geológico para el desarrollo del geoturismo en nuestro país.

Una de las características principales de nuestro territorio es la variedad de paisajes en diferentes pisos climáticos y zonas de vida (Perú cuenta con 84 de las 117 zonas de vida reconocidas en el mundo), litologías, estructuras, yacimientos de fósiles, yacimientos minerales (epitermales, skarn, de vetas, placeres auríferos, etc.), sobre el cual se desarrollaron culturas pre-incas e incas. Y una gran diversidad biológica complementa el patrimonio natural y cultural en nuestro país. Perú cuenta actualmente con once lugares declarados patrimonio cultural de la humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), entre lugares arqueológico-prehispánicos, arquitectónico-coloniales y de biodiversidad y ecosistemas.

Estas características incentivaron al INGEMMET a iniciar en 2006 el Programa denominado "Patrimonio y Geoturismo", iniciado de una manera no sistemática con el inventario del patrimonio geológico, y difundiendo dicho patrimonio en zonas especiales para el geoturismo, áreas naturales protegidas (donde se han identificado lugares del patrimonio geológico y su geodiversidad) y zonas arqueológicas, para su preservación y manejo sostenible en las futuras generaciones. Destacan dentro de las zonas arqueológicas incluso aquellas reconocidas como patrimonio cultural de la Humanidad como Machu Picchu, Qhapaq Ñan, Choquequirao, Caral, Chan Chan, Pisac, entre otros, donde el conocimiento geológico es base fundamental para los planes de conservación de estos lugares.

Antecedentes del estudio de patrimonio geológico

El análisis e inventario del patrimonio geológico en Perú es una tarea relativamente reciente por instituciones del Estado, instituciones científicas o profesionales independientes dedicados a la investigación geológica. Se pueden sintetizar las diferentes iniciativas que se dieron en las últimas dos décadas:

- La presentación de un trabajo técnico que analiza la necesidad de realizar estudios sobre patrimonio geológico (Rivas *et al*., 2000) durante el X Congreso Peruano de Geología, donde por primera vez se señalan algunos lugares de la capital, bajo diferentes tipos de interés geológico, que se estaban viendo afectadas por la urbanización acelerada de Lima Metropolitana, abren la puerta de esta temática.
- Durante el XI Congreso nacional geológico, Zavala y Fidel (2002) destacan la imperiosa necesidad de realizar un inventario nacional de lugares de interés geológico, siendo la institución líder para ello el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). En este mismo congreso se resalta el área del valle de los volcanes de Andahua, Orcopampa, Sora y Huambo, como uno de los pocos lugares de estas características que se ve afectado por la construcción de una importante línea de transmisión eléctrica nacional (Rivera et al., 2002).
- En las primeras iniciativas de INGEMMET, los estudios regionales realizados por la Dirección de Geología Ambiental presentan las primeras propuestas de espacios naturales de relevancia por su interés geoturístico, didáctico y científico en Perú (por ej., Fidel *et al*., 2006). En ellas se diferenciaron lugares de interés geológico bajo la denominación de: monumentos naturales, parques naturales, monumentos paleontológicos y santuarios nacionales. Algunos de estos lugares corresponden a áreas naturales protegidas por el estado (ANP), donde se destacan además de la biodiversidad, aspectos de geodiversidad (geomorfología, tectónica, paleontología, estratigrafía, hidrogeología) poco o nada tomados en cuenta, a pesar de estar incluidas en algunas de estas ANP, elementos o formaciones geológicas como sus objetivos de conservación por las cuales fueron creadas (por ej., Santuario Nacional de Huayllay, Reserva Nacional Salinas Aguada Blanca, Reserva Nacional de Paracas, Reserva Nacional del Huascarán, entre otras). Las áreas analizadas por INGEMMET entre los paralelos 10º Sur y la frontera con Chile incluyen áreas con aspectos de interés geomorfológico-paisajístico y afloramientos o áreas de interés

eminentemente científico como: bosques de rocas, cuevas cársticas, zonas glaciares; cañones de relevancia internacional considerados entre los más profundos del planeta (Colca, Cotahuasi, Apurímac; este último uno de los ríos en cuyas nacientes se origina el río Amazonas), sitios con fósiles vertebrados e invertebrados (como la cuenca de Ocucaje del Paleógeno; fósiles del Paleozoico en la región Puno; icnitas en sedimentos del Jurásico en secuencias del Grupo Yura; amonites en secuencias volcánicas del Berriasiano, etc.). Se consideran dentro de esta primera diferenciación del patrimonio geológico algunas localidades tipo de secuencias del Paleozoico y Mesozoico (Pongo de Mainique, Pongo de Rentema, que sirvieron para le diferenciación estratigráfica e investigaciones por hidrocarburos en la Amazonía de nuestro país). Se incluyen también en este primer listado algunos lugares de interés geológico-minero colonial y prehispánico como las Salineras de Maras en Cusco, ingenios mineros coloniales en Puno, Arequipa, Pasco, etc.).

- Fue en 2006, que al tomar en cuenta el contexto de deterioro por causas naturales y fundamentalmente antrópicas inicia el programa Patrimonio y Geoturismo con el objetivo de difundir el patrimonio geológico de Perú, dar a conocer el contexto geológico de zonas especiales para el geoturismo, áreas protegidas, zonas arqueológicas, para su preservación y manejo sostenible. En las publicaciones de guías geoturísticas de zonas como la Meseta de Marcahuasi, la Reserva Nacional de Paracas, Valle de los Volcanes de Andahua y el Santuario Nacional de Huayllay (INGEMMET, 2007, 2009 y Zavala *et al.*, 2016a y 2016b); las investigaciones geoturísticas incluyen aspectos de la geodiversidad de estos lugares, inventario de elementos de interés geológico y propuestas de desarrollo geoturístico, que conlleven a futuras propuestas de creación de geoparques nacionales.
- Recientes publicaciones en los boletines de la Carta Geológica Nacional a escala 1: 50 000 incluyen un capítulo sobre patrimonio geológico, con un listado y descripción de lugares de interés geológico (Carlotto *et al.*, 2011; hoja del Cusco). La Dirección de Geología Regional del INGEMMET ha dado a conocer sus investigaciones paleontológicas de lugares específicos y estudios puntuales realizadas por otros institutos y universidades del país, como el caso de estudios en la cuenca Ocucaje (sur del país) y la zona noroeste del país, ambos sectores con presencia de vertebrados fósiles.

- Todo esto hace notar un mayor y paulatino interés por el estudio y protección del patrimonio geológico en nuestro país, aunque todavía incipiente, sin que se realice aún una labor sistemática como si la han emprendido otros países, mediante el llamado Inventario Nacional de Sitios de Interés Geológico.
- Sin embargo, hay que hacer notar que en los diez años que lleva este programa de investigación cada lugar evaluado, incluyendo ANP y alrededores, cuenta con listados de sitios de interés geológico, debidamente inventariados a través de un formato estándar manejado por el grupo de geopatrimonio de INGEMMET. El porcentaje analizado de la superficie nacional de nuestro país aún es pequeño, no alcanza al 10% del territorio. Se han realizado publicaciones de divulgación (trípticos y cuadrípticos) con el fin de que la población que vive en el entorno de las áreas evaluadas tome conciencia del patrimonio geológico con que cuenta, así como capacitaciones y charlas en colegios, institutos y universidades en las carreras de geología y turismo, así como guardaparques y biólogos en las ANP.
- Una de las funciones actuales del INGEMMET, tal como aparece en su página web es: "Identificar y regular las zonas que en razón de la presencia de patrimonio geológico puedan considerarse áreas protegidas o constituir Geoparques". Los estudios en curso dentro de este programa son:
  - El estudio de patrimonio geológico en la región Puno (2014-2015).
  - El estudio de patrimonio geológico en la Reserva Nacional San Fernando (2015-2016).
  - El estudio de patrimonio geológico de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas para los dos próximos años (2016-2017).
  - Como parte de la asesoría técnica en la conservación de lugares de interés turístico (geoturístico y de patrimonio geológico) recibimos solicitudes de opinión para la conservación de estos lugares (por ej., Algunas de las cataratas más altas de Sudamérica). Sin embargo, nuestro principal aporte se ha centrado en la asesoría técnico geológica para la elaboración del expediente de postulación como geoparque a UNESCO del área del Cañón del Colca y Valle de los volcanes, principalmente en el tema de geositios, lugares de interés geológico y geodiversidad, temas de geoturismo, rutas geoturísticas, entre otros aspectos, el cual tiene previsto presentarse en 2016.

- A nivel de difusión del patrimonio geológico INGEMMET ha asistido a los últimos congresos geológicos, destacando el año 2010 cuando, conjuntamente con del Instituto Geológico Minero de España (IGME), y a nombre del Dr. Enrique Díaz, se elaboró la "Declaración de Cusco" (sede del congreso), resaltando los siguientes aspectos:
  - "CONSCIENTES de la necesidad de promover la conservación y gestión apropiada del patrimonio geológico del Perú, y en particular de las áreas de especial interés geológico":
  - "PIDEN urgentemente a las autoridades nacionales e internacionales el pleno apoyo a la necesidad de manejar y conservar el patrimonio geológico del Perú y de protegerlo con todas las medidas legales, financieras y organizativas necesarias".
  - "PIDEN a las autoridades locales, regionales y nacionales el pleno apoyo administrativo y económico a las iniciativas para la puesta en valor, divulgación y aprovechamiento del patrimonio geológico del Perú, haciendo compatible su uso sostenible como recurso turístico, con el manejo adecuado para su conservación".
- En julio del 2015, INGEMMET organizó el "Primer Simposio Nacional de Patrimonio Geológico, Geoparques y Geoturismo", conjuntamente con Gobierno Regional de Arequipa y los municipios provinciales de Cailloma y Castilla. Este evento sirvió para: a) Discutir la importancia del patrimonio geológico como un recurso potencial, para entender la historia del planeta en el que vivimos, la sensibilización en su necesidad de conservación y puesta en valor como recurso geoturístico; b) Promover la formación de especialistas en nuestro país en el estudio del patrimonio geológico, el geoturismo, y la educación en ciencias de la Tierra. Las contribuciones y presentaciones en diferentes temáticas propuestas en este simposio sirvieron para dar a conocer de manera didáctica la importancia del conocimiento del patrimonio geológico, el desarrollo del geoturismo y las propuestas de geoparques.

Patrimonio geológico peruano

Perú es un país que posee un rico y variado patrimonio geológico. Muchos de los lugares de interés geológico son poco conocidos y la mayoría de la población no es consciente aún de su valor. La Ciudad Encantada en Puno y los Bosques de Rocas de Huayllay, Corani, etc., los cañones del Colca, Cotahuasi, Apurímac,

Tinajani; los nevados Coropuna, Quelcaya, Huascarán, Pariacaca, entre otros, asociados a cordilleras importantes (considerados apus tutelares por nuestros antepasados); los estratovolcanes, como Misti, Ubinas, Sabancaya, Ampato, entre otros, son sólo algunos ejemplos de esta variedad del patrimonio geológico. Este patrimonio geológico no sólo está formado por algunos de los paisajes geológicos sobresalientes sino que también se encuentran asociados a yacimientos minerales en explotación (como es conocida la tradición minera peruana desde las épocas prehispánicas, que representa hoy 7% del PBI y es fuente principal de divisas), rocas o series estratigráficas que guardan información de procesos geológicos que se dieron hace millones de años, complejas estructuras tectónicas, yacimientos fósiles vertebrados o invertebrados, incluidos en algunos lugares antepasados al hombre moderno. Cabe resaltar, sin embargo, que muchos de los lugares del patrimonio geológico peruano superan el interés en el ámbito científico y natural aproximándose a otros aspectos científicos, ecológicos o histórico-culturales. El patrimonio geológico en nuestro país guarda una estrecha relación con el patrimonio histórico-artístico (arqueológico preinca, inca e hispánico), con las tradiciones, creencias y folclore de algunos lugares, e incluso puede tener una importante significación religiosa o convertirse en signo de identidad local.

Para gestionar este valioso patrimonio geológico es fundamental primero conocer su ubicación y características, labor que realizan principalmente el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), universidades nacionales y centros de investigación quienes vienen desarrollando el estudio específico, no sistemático, de lugares de interés geológico, de manera puntual o local. Algunos de estos sitios identificados se valoran desde su interés geológico, coordinando labores con municipios locales, al no existir un marco legal apropiado, a diferencia de los que ellos tienen un contexto paleontológico (por ej., Bosque Petrificado de Negritos, Piura, por la Universidad Nacional de Piura; Bosques petrificados de Sexi, Cajamarca y Kankenkorani, Puno; estos dos últimos con apoyo de INGEMMET a las municipalidades locales; Parque Jurásico de Querulpa, Arequipa, por la Universidad Nacional San Agustín).

Instituciones ligadas al estudio del patrimonio geológico

La única institución peruana que dedica esfuerzos al estudio del patrimonio geológico es el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Para tal fin instauró en el 2006, dentro de la Dirección de Geología Ambiental, un Programa de Investigación en Patrimonio y Geoturismo para realizar:

1. Estudio de áreas del patrimonio geológico y minero;
2. Estudios geológicos y geodinámicos para la seguridad física de zonas arqueológicas.

La divulgación de estos estudios, que incluye la promoción del patrimonio geológico y el estudio de principales zonas arqueológicas del país (incluido Machu Picchu), forman parte de las publicaciones de la Serie I, editando guías geoturísticas y boletines técnico-científicos, además de participar en ferias escolares y de turismo.

El número de profesionales geólogos que actualmente se dedican a esta actividad son muy pocos, con colegas de algunas universidades nacionales (incluido el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos), relacionados con lugares de interés paleontológico y otros de aspecto geomorfológico-paisajístico, donde se describen algunos sitios con fines de conservación (yacimientos paleontológicos de vertebrados) o desarrollo del turismo geológico. No existen tesis de grado o posgrado respecto al tema del patrimonio geológico, salvo algunas relacionadas con los geoparques y propuestas de turismo, para los cuales hemos sido consultados. Algún tipo de conservación del patrimonio geológico se ha dado por iniciativa de la empresa privada, pero son casos aislados como la conservación de icnitas (huellas de saurópodos y terópodos) en un tramo de la carretera que conduce hacia la mina Antamina, Ancash.

La cátedra de geopatrimonio todavía no se incluye en ninguna de las carreras profesionales de geología en las universidades del país. El intento de desarrollarla, ligada al turismo geológico o geoturismo, es un proyecto de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa (docente Anibal Lajo, comunicación oral).

Protección legal del patrimonio geológico

La conservación del patrimonio geológico, como se realiza de manera efectiva en otros países, requiere de una legislación que defina los mecanismos concretos para su protección. El patrimonio geológico, como componente del patrimonio natural, no debería ser una excepción y la legislación debería definir sistemas para la declaración de estos espacios protegidos de naturaleza geológica especial.

El patrimonio geológico en Perú no tiene actualmente una normativa o ley que ampare su protección legal, que permita una adecuada gestión y conservación. El Servicio de Áreas Naturales Protegidas del estado (SERNANP), adscripto al Ministerio del Ambiente, ha establecido desde la década de 1970, once cate-

gorías de protección del patrimonio natural y cultural. Sin embargo el patrimonio geológico no está incluido explícitamente como recurso del patrimonio natural a ser conservado y debidamente gestionado. Las categorías de protección se relacionan con elementos de la biodiversidad (flora y fauna) y zonas histórico-culturales (arqueológicas prehispánicas, coloniales y republicanas); algunas de ellas consideran implícitamente los valores o elementos geológicos naturales (reservas, parques y santuarios nacionales y reservas paisajísticas).

Los elementos o procesos geológicos de relevancia son considerados de manera casual o indirecta, a pesar de que algunos de ellos son objetivos principales de conservación, razón por la cual se creó dicho espacio natural protegido, como el caso del bosque de rocas en el Santuario Nacional de Huayllay. Debido a esto los estudios realizados por INGEMMET en varias ANP del país tienen como objetivo que los elementos del patrimonio geológico se incluyan dentro de los planes maestros o de gestión que permitan su protección o conservación.

Por otro lado, la protección legal del patrimonio paleontológico peruano, a pesar de tener una relación con el patrimonio natural más que con el cultural, está contemplada en la legislación de patrimonio cultural de la nación, basada en el artículo primero de la Convención sobre las medidas que deben adaptarse para prohibir e impedir la importación, exportación y transferencia de propiedad lícita de bienes culturales (Convención de UNESCO, 1972), vigente para Perú desde enero de 1980; por la ley N° 28296, del patrimonio cultural de la nación (Ministerio de Cultura, 2004). INGEMMET ha elevado recientemente al congreso de la república una propuesta de ley modificatoria del patrimonio paleontológico del país.

Asímismo, el Ministerio de Cultura adoptó una interpretación errónea de algunos espacios naturales bajo la denominación de paisajes culturales, produciéndose una yuxtaposición en la gestión adecuada del georecurso como tal. Ejemplos de propuestas de este tipo en diferentes espacios geográficos, son el valle-cañón del Colca (Arequipa) y el Puente Bello (Tacna-Puno), entre otros.

Estudios existentes relativos al patrimonio geológico

El patrimonio paleontológico, como en otros lugares del mundo, y tomado en cuenta en forma independiente respecto al resto del patrimonio geológico, ha sido objeto de estudio por INGEMMET (Romero *et al*., 1995). A través del levantamiento de la Carta Geológica Nacional se ha podido conservar gran parte de nuestra riqueza paleontológica, que se mostrará en la proyectada en la construcción de un museo paleontológico. Asimismo, estudios realizados por diferentes

universidades, entre los que destacan la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (a través del Museo de Historia Natural), la Universidad Nacional de Ingeniería (museo de paleontología), la Universidad Católica del Perú y la Universidad Ricardo Palma, con gran historial, manejo y colección de fósiles y, más recientemente, la Universidad Nacional de Piura, así como museos particulares.

Se tiene un listado inicial (2006) de sitios propuestos como lugares de interés geológico y minero por su contenido geomorfológico-paisajístico, volcánico, geodinámico, paleontológico y minero, dentro de los cuales se tienen bosques de rocas, cuevas cársticas, cañones fluviales, zonas termales (Tabla 1). Este primer listado fue un punto de partida para el proyecto de geopatrimonio iniciado el 2006 por INGEMMET.

Tabla 1. Listado inicial de sitios de interés geológico empleado por el programa de Patrimonio y Geoturismo.

Monumentos naturales	Domo de Paucarani (Tacna); Volcanes de Maure (Tacna-Puno); Zona geotermal de Candarave-Calientes (Tacna); Zona geotermal de Puente Bello (Moquegua-Puno); Bosque de Rocas de Chillihua o Ciudad Encantada (Puno); Grutas de Warari (Cusco); Bosque de Rocas de Imata (Arequipa); Cañón de Apurímac (Apurímac); Nevado Coropuna (Arequipa); Catedral de Paracas (Ica); Bosque de Rocas de Sachapite (Huancavelica); Bosque de Rocas de Marcahuasi (Lima); Grutas de Huagapo (Junín); Albúferas de Medio Mundo (Lima); Cañón Paso Yolanda (Junín); Cañón Cutivireni (Junín); Cañón Piñascochas (Junín); Grietas de desecación Ambo (Huánuco); Cinco lagunas (Huánuco); Zona geotermal Pachapupo (Ayacucho); Cataratas de Huancaya (Lima); Cañón de Suckuytambo (Cusco); Dolinas de Moray (Cusco); Cañón de Tinajani (Puno); Bosque de Rocas de Corani (Puno); Bosque de Rocas de Cumbemayo (Cajamarca); Cerro Baúl (Moquegua).
Parques naturales	Valle y cañón del Colca, Valle y Cañón de Cotahuasi, Valle de Volcanes de Huambo y Valle de los Volcanes de Andahua (Arequipa); Zona volcánica de Carhuaraso-Andamarca (Ayacucho-Huancavelica).
Monumentos paleontológicos	Fósiles de Sacaco (Arequipa); Amonites de Puente Inga (Lima); Fósiles vertebrados cuenca Pisco (Ica); Bosque petrificado de Sexi (Cajamarca); Icnitas de Querullpa (Arequipa); Bosque petrificado de Negritos (Piura); Icnitas de Tipán (Arequipa).
Santuarios nacionales	Santuario del Megantoni (Cusco); Bosque de Rocas de Huayllay (Pasco); Nevado Quelcaya (Cusco-Puno).
Patrimonio minero	Salineras de Maras (Cusco); Ingenios mineros o trapiches en Puno, Pasco, Junín, etc.

Fuente: elaboración propia.

Algunos de los sitios tenían un reconocimiento preliminar en campo (2000-2006) y parte de ellos fueron obtenidos de las referencias bibliográficas, zonas turísticas conocidas de las diferentes regiones del país (Figura 1).

Este listado incluye algunas ANP que por su categoría albergan elementos y procesos geológicos que merecen ser conservados y gestionados como patrimonio geológico. Igualmente se impulsa la conservación de áreas o yacimientos paleontológicos en varios sectores del país.

El estudio y difusión del patrimonio geológico nacional efectuado desde el 2006, se está plasmando en guías geoturísticas (INGEMMET, 2007, 2009; Zavala, 2016 a y b). Los lugares estudiados concentran una importante diversidad geológica: paisajes geomorfológicos, diversidad litológica, tectónica, de fósiles, hidrogeológicas (termales), además de restos arqueológicos de las culturas pre-inca e inca y una gran diversidad biológica, ingenios mineros coloniales. Incluyen dos ANP con un valor geológico excepcional científico y didáctico-educativo. A la fecha

Figura 1. Lugares de interés geológico.

se ha trabajado ocho zonas del país de diferentes contextos socioeconómicos (comunidades, mancomunidades, áreas privadas, ANP; Tabla 2).

Meseta de Marcahuasi, Lima

Geopatrimonio y geodiversidad: *geomorfológico-paisajístico.* Meseta volcánica con geoformas antropomorfas y zoomorfas de gran belleza escénica. Principal figura: "Monumento a la Humanidad", gigantesca piedra de unos 40 m de altura, con varios rostros o perfiles. Otras figuras pétreas como: "El León", "La Tortuga", "El Chino", "La mujer con niño en brazos", "La Cabaña", "La Llama", etc. En los meses de lluvia, doce lagunas adornan el lugar, inclusive el sitio conocido como "anfiteatro".

Utilización recomendada: principalmente turística, con influencia local y regional. Turismo manejado por la comunidad local; dueños históricos de las áreas que tienen que ver con la implementación, administración, operación y conservación de un futuro geoparque.

Protección actual: no existe ninguna protección legal por el Estado. Bajo las categorías de protección de la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN), se define como "Monumento Natural".

Gestión del patrimonio geológico: INGEMMET publicó una guía geoturística entregada a la comunidad de San Pedro de Casta. Plan COPESCO nacional, encargado de la mejora en la infraestructura turística en Perú, ha tomado la propuesta de "geoparque Marcahuasi".

Figura 2. Vista panorámica de la meseta de Marcahuasi.

Tabla 2. Resumen de las áreas estudiadas entre el 2006-2015.

Área	Denominación del lugar	Períodos geológicos encontrados	Lugares de interés geológico inventariados	Interés geológico principal	Otros valores del patrimonio
Marcahuasi	Meseta de Marcahuasi	Jurásico al reciente	12	Geomorfológico volcánico	Cementerio prehispánico y chullpas funerarias; flora: plantas medicinales
Paracas	Reserva Nacional de Paracas	Precámbrico, Paleozoico, Jurásico, Cenozoico	25	Tectónico-estructural; geomorfológico; paleontológico	Restos de cultura preinca (Paracas); conchales. Fauna marina y costera
Andahua	Valle de los volcanes de Andahua	Jurásico al reciente	58	Geomorfológico volcánico; tectónico	Ciudadelas prehispánicas; andenerías. Iglesias. Biodiversidad: flora y fauna
Huayllay	Santuario Nacional de Huayllay	Jurásico al Reciente	42	Geomorfológico volcánico; paleontológico estructural	Pinturas rupestres; restos pre-hispánicos; restos mineros coloniales.
Colca	Valle y Cañón del Colca	Precámbrico, Paleozoico, Jurásico al reciente	80	Geomorfológico volcánico-tectónico; geodinámico	Colcas; ciudadelas prehispánicas; andenerías; iglesias. Biodiversidad: flora y fauna
Tinajani y alrededores	Cañón de Tinajani	Cretáceo al reciente	25	Geomorfológico fluvial; tectónico-estructural	Colcas y sitios de adoración; flora: puyas de Raymondii
Puno	Región Puno	Paleozoico al reciente	105	Geomorfológico; Paleontológico; Tectónico; hidrogeológico	Ciudadelas y chulpas prehispánicas; Tramos del Qhapaq Ñan; iglesias.
San Fernando	Reserva Nacional San Fernando	Precámbrico	20	Geomorfológico marino; tectónico	Biodiversidad; flora y fauna marina y costera.

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Paisajes marino costeros en la reserva nacional de Paracas.

Reserva Nacional de Paracas, Ica

Geopatrimonio y geodiversidad: ***estructural-tectónico.*** Fallamiento en bloques (contacto rocas paleozoicas: Grupo Ambo y Cordillera de la Costa, con estratos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno (Fm. Paracas) caracterizan la actividad sismotectónica pasada del área. "Flexura de Huamaní", evidencia la actividad neotectónica (río Pisco, zona de amortiguamiento). Terrazas marinas, marcadores geológicos del mar durante el Pleistoceno. ***Geomorfológico.*** Geoformas de ambiente desértico y paisajes marino-costeros (depresiones con circulación de aguas marinas, playas, bahías, albuferas, barras y cordones litorales, islas y acantilados rocosos abruptos en rocas metamórficas e intrusivas; tablazos o planicies antiguas. Geoformas de movimientos en masa detonados por sismos (deslizamientos, derrumbes). Llanuras aluviales recientes (río Pisco); dunas y acumulaciones eólicas. ***Litológico.*** Rocas metamórficas del Precámbrico (gneis, esquistos y anfibolitas); Intrusivas del Ordovícico-Devónico (granitos, tonalitas y sienitas del Batolito de San Nicolás); Sedimentarias del Carbonífero (areniscas, lutitas y niveles de carbón de ambiente fluvial, pantano e intermareal); Volcánicas, andesitas y riolitas del Jurásico; Sedimentarias marinas del Grupo Paracas y Formación Pisco con influencia volcánica andina (areniscas, areniscas tobáceas, lodolitas, tobas, arcillitas, etc.). Sedimentarias marinas del Grupo Paracas y Formación Pisco con influencia volcánica andina (areniscas, areniscas tobáceas, lodolitas, tobas, arcillitas, etc.). Estructuras sedimentarias caracterizan los ambientes descritos (laminaciones, estratificación cruzada, ostilolitos, bioturbación, slumping, etc.); conglomerados continentales del Plio-Cuaternario de origen aluvial conocidos como Fm. Cañete; sedimentos recientes de tipo eluvial, aluvial, eólico, marino y coluvial.

Paleontológico. Flora y fauna fósiles marcan los ambientes paleogeográficos del Carbonífero, Oligoceno, Mioceno y Mio-plioceno. Grupo Ambo (Mississipiana, piso Viseano: 325 a 345 Ma), con restos de macroflora más antigua en Perú, en playa La Mina, península de Paracas (Alleman *et al*, 2006), donde se menciona 25 especies (15 géneros), testimonios de flora en el borde suroeste del Gondwana, marcando la existencia de un clima templado frío en aquellas épocas. Troncos de licópodos arborescentes, en posición vertical en dos estratos de esta sección ("bosque de Tomiodendron"), con 30 a 60 cm de altura desarrollados *in situ* en el momento de su fosilización. Fósiles de gasterópodos y diatomeas en las formaciones Paracas y Pisco. ***Minero.*** Explotación de evaporitas en las salinas Otuma (halita); galerías y piques de extracción de carbón que aún pueden apreciarse en playa La Mina. Ambos constituyen el patrimonio minero del geoparque.

Utilización recomendada: turística, científica y didáctica-educativa, con influencia nacional e internacional. El turismo es manejado por las empresas privadas ubicadas en los distritos Paracas y Pisco. La administración, operación y conservación de la reserva está a cargo de la jefatura de áreas naturales protegidas del SERNANP.

Protección actual: ANP protegida por SERNANP desde 1975, bajo la categoría de una reserva nacional donde se conserva principalmente los aspectos de biodiversidad y de uso en su territorio. Su plan maestro no contempla la gestión y preservación del patrimonio geológico. Recientemente, con asesoría del INGEMMET, se señalizó para la conservación de áreas paleontológicas.

Gestión del patrimonio geológico: después del sismo de Pisco del 2007 se destruyó "La Catedral de Paracas", ícono geoturístico de la reserva; en muchos de los acantilados ocurrieron deslizamientos, y un tsunami afectó muchas de sus playas (Zavala, 2007). Se consideró información geológica en el guión del nuevo centro de interpretación de la reserva. La guía turística de Paracas cuenta con información de ocho rutas geoturísticas propuestas y se dan lineamientos de los peligros geológicos (deslizamientos, tsunamis). Como parte de la difusión se capacitó a guardaparques y biólogos de la RNP y a operadores turísticos de Paracas sobre geología y geoturismo en 2011.

Valle de los volcanes de Andahua, Arequipa

Geopatrimonio y geodiversidad: ***hidrogeológico; minero.*** Manifestaciones volcánicas de los últimos 2.58 Ma (Plioceno-Holoceno), originan paisajes espectaculares. Campos de lava y conos monogenéticos plio-cuaternarios, rellenan un

valle fluvial compuesto por rocas del Jurásico-Cretácico y Terciario. Este valle además de su geodiversidad, nos ofrece tierras fértiles, cultura a través de restos arqueológicos y nos ayuda a entender también los peligros volcánicos. Confluyen además del patrimonio geológico y minero, restos prehispánicos (Antaymarca, Paccaraeta, Taucca, Jello Jello), centros de producción agrícola con andenerías prehispánicas (Chachas, Ayo) y flora y fauna que aumentan su potencial geoturístico, resaltando la nutria andina, especie única en peligro de extinción.

Litológico-volcánico. El principal atractivo son sus volcanes monogenéticos, campos de lavas y los paisajes naturales originados por esta actividad, así como la ocupación del hombre en este espacio. Las rocas más antiguas con se-

Figura 4. Geodiversidad y paisajes de origen volcánico en el valle de Volcanes de Andahua: 1. Depósitos de caída de cenizas; 2. Flujos de lavas del Plioceno; 3. Volcán Jechapita; 4. Andahua al pie de los volcanes gemelos; 5. Volcanes Chilcayoc y típica vegetación de cactus; 6. Cráter del volcán Chilcayoc Grande; 7 y 8. Campos de lavas y volcanes monogenéticos, substrato sedimentario.

dimentos calcáreos y silicoclásticos del Jurásico superior (Fm. Socosani, Grupo Yura). Levantamiento y hundimiento en la cordillera condicionaron una sedimentación marina (Fm. Arcurquina, con calizas) y continental en el Cretáceo (lutitas, areniscas y evaporitas, formaciones Murco y Seraj), así como conglomerados asociados al levantamiento andino (Fm. Huanca). Tres fases volcánicas principales: flujos piroclásticos sobre flujos de lavas en el Oligoceno-Mioceno (Grupo Tacaza), así como una fase de deformación (Fase Quichuana); otras dos fases durante el Plioceno-Holoceno, una magmática andesítica con grandes estrato-volcanes. Una actividad explosiva inicial con tobas conocidos como Fm. Sencca. Emanaciones posteriores de lavas andesíticas, brechas volcánicas y lahares de diferentes centros volcánicos se conocen como Grupo Barroso. La última extensión del volcanismo ocurre en el Pleistoceno-Holoceno, en los Andes conocido como Grupo Andahua. Zavala y Mariño (2010) diferencian seis eventos de coladas de lavas y conos volcánicos monogenéticos distribuidos en cuatro sectores: 1) 55 km de campos de lavas en Orcopampa-Andahua-Ayo, con 17 conos monogenéticos; 2) Valle de Sora con 20 km de planicies lávicas y cuatro conos monogenéticos; 3) Sector norte de Orcopampa con tres campos de lavas, un estrato-volcán (Antapuna) y un cono monogenético; 4) Cordillera de Shilla, con un campo de lava hasta el borde de la laguna de Chachas, dos conos monogenéticos. Geomorfológico-volcánico-fluvial: valle fluvial-glaciofluvial, con lavas recientes que sobreyacen a sedimentos aluviales. Flancos abruptos a moderados de montañas y colinas sedimentarias, limitan el valle. Secuencias de ignimbritas, lavas y domos, coladas de lavas Tacaza y Barroso, coronan las partes elevadas. Destacan conos de escorias, flujos de lavas tipo AA y en bloques; abanicos y terrazas aluviales, cañones, cataratas y caídas de agua, lagunas originadas por represamiento (Pumajallo, Chachas, Pillune y Mamacocha). Al NO valle de Sora, mesetas volcánicas extensas, algunos centros volcánicos, lomadas. En la zona sur resalta un gran depósito de aluvión antiguo donde se asienta el poblado de Ayo y una amplia planicie que termina abruptamente en el río Colca; andenes preincas cerca al poblado fueron afectados por flujos de detritos y emplazamiento de lavas. En la zona suroriental destacan paisajes de origen glaciar (morrenas y lagunas), así como en el lado suroccidental valles colgados y circos glaciares antiguos.

Hidrogeológico y minero. Orcopampa distrito minero aurífero y polimetálico, con vetas epitermales de oro y plata en rocas volcánicas miocénicas explotadas desde 1950; franja regional de mineralización epitermal que incluye las minas Arcata, Shila, Caylloma, Ares, Paula y Poracota. Coladas lávicas con manantiales (25 frías y una termal) y fuentes de resurgencia; la resurgencia de Sanquillay, con

un caudal mayor a 8.5 m3/s y la de Mamacocha, un acuífero volcánico con un caudal de 10.5 m3/s.

Utilización recomendada: no existe actualmente ninguna protección legal por parte del estado de este espacio geográfico. Desde el punto de vista geoturístico son importantes las contribuciones de Rivera et al., (2002), Zavala y Fidel (2002), donde señalan la necesidad de preservar y conservar este valle. Resultados de la expedición polaca entre el 2003-2007 (Galas y Paulo, 2008) proponen la creación del Parque Nacional "Cañón del Colca y Valle de los Volcanes de Andahua" y resaltan la necesidad de su protección como patrimonio mundial de la naturaleza.

Protección actual: no existe protección legal por el Estado. Bajo las categorías de protección de la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN), se define como "Monumento Natural".

Gestión del patrimonio geológico: INGEMMET difundirá en 2016 en su tercera guía turística, la geología y aspectos geoturísticos del VVA, donde se describen 11 rutas geoturísticas que resaltan el volcanismo monogenético estromboliano plio-cuaternario en Andahua, uno de los pocos ejemplos que existen en Latinoamérica. Algunas iniciativas locales municipales han realizado una señalización de lugares de interés geológico (volcanes monogenéticos, cañones) y cultural (zonas arqueológicas) así como la construcción de miradores sin impactar en el paisaje natural. El turismo termal en una de las fuentes existentes ha tenido el apoyo de la empresa minera local en Orcopampa.

Santuario Nacional de Huayllay (SNH), Pasco

Geopatrimonio y geodiversidad: Meseta volcánica ignimbrítica disectada reconocida como un parque geológico más alto y segundo más grande del mundo una de las Siete Maravillas de Perú. El misterio, majestuosidad e historia se encierran en 11 rutas. Siete describen paisajes pétreos volcánicos, rocas calcáreas con fósiles, aguas termales y un patrimonio minero colonial que encierra el bosque de rocas. Otras cuatro, integran el dominio altiplánico y el santuario de Huayllay, con presencia de atractivos paisajes naturales, restos arqueológicos incas y un patrimonio geológico-minero, característico de la región Pasco. En este espacio geográfico confluyen además del patrimonio geológico y minero (ingenios mineros), restos de ocupación prehispánicos (graneros, corrales prehispánicos de camélidos sudamericanos y excelentes pinturas rupestres).

Geomorfológico. Destacan las siguientes unidades de paisaje: a) Meseta volcánica erosionada: Tors, agujas, farallones, taffonis y planicies: elementos de origen volcánico-denudacional; b) Circos, valles, cañones y cascadas: elementos de origen glacial, fluvial y de disolución; c) Avalanchas y caída de rocas: elementos de origen gravitacional; d) Colinas y lomadas sedimentarias: elementos de origen estructural-denudacional; e) Planicies y terrazas: elementos fluvio-glaciales y antiguas áreas periglaciares; f) Lagunas y morrenas: elementos de origen glacial; g) Lapiaces: elementos de origen kárstico. Minero. La historia geológica en Huayllay se resume en cinco episodios: 1) Gran mar durante el Triásico-Jurásico sobre una cuenca heredada del Paleozoico superior, con un mar somero inicial y paulatinamente un mar abierto de plataforma, con profundidades mayores (Formaciones Chambará y Aramachay). Al finalizar, un período regresivo con un mar somero y relleno sedimentario (Fm. Condorsinga); 2) Separación a fines del Jurásico de la cuenca Pucará en dos: una occidental y otra oriental, separadas

Figura 5. Patrimonio geológico y minero encontrado en Huayllay y alrededores.

por el "geoanticlinal del Marañón". Parte de esta cuenca occidental corresponde al SNH (areniscas de la Fm. Goyllarisquizga y calizas de la Fm. Chulec). En el Aptiano tardío Romero *et al*. (2005), interpretan una zona de rift que causó un adelgazamiento cortical que permitió un vulcanismo de tipo básico a lo largo de esta falla (Fm. Chayllacatana); 3) Capas rojas: testigos de una tectónica regional y sedimentación continental con gruesas acumulaciones Fm. Casapalca" entre el Cretáceo superior y Paleógeno (areniscas, conglomeradas, lutitas y calizas); 4) Gran episodio volcánico explosivo en el mio-plioceno da origen a las rocas que forman la mayor parte del SNH. Durante este período están relacionados domos de lava andesítica a dacítica, variando a diorita y monzodiorita, al oeste de Cerro de Pasco (Raco) y oeste de Huayllay (Huarón), monzonita cuarcífera a pórfido de cuarzo; 5) Cuaternario glaciar y erosión fluvial que genera gran parte del relieve actual.

Utilización recomendada: principalmente turística y didáctica-educativa, con influencia generalmente local-regional e internacional. El manejo turístico del SNH está vinculado a varias comunidades del distrito de Huayllay, siendo una de las principales Canchacucho.

Protección actual: el SNH es un área natural protegida, creada en 1974 bajo la categoría de santuario nacional. El plan maestro del santuario no contempla la conservación, además de las formaciones rocosas del bosque de rocas d Huayllay, otros elementos y procesos de interés geológico.

Gestión del patrimonio geológico: INGEMMET difundirá en 2016 su cuarta guía turística, la geología y aspectos geoturísticos de Huayllay y alrededores, donde se tienen cinco rutas que exhiben figuras pétreas, procesos y elementos geológicos, y cuatro rutas que interrelacionan el desarrollo del hombre y el paisaje andino (pinturas rupestres, restos arqueológicos y patrimonio minero de la colonia). Paralelamente se han realizado dos versiones de caminatas geoturísticas en la georuta Canchacucho-Huayllay, una de las más completas desde el punto de vista geológico, minero y arqueológico, durante los años 2012 y 2013, donde se tuvo participación de guías, estudiantes de turismo y geología y autoridades de Huayllay y el Gobierno Regional Pasco; durante la "Feria turística Rural Tour Huayllay 2013 se difundió material didáctico sobre la geología del SNH y la Ruta Geoturística Canchacucho-Huayllay.

Valle y Cañón del Colca, Arequipa

Geopatrimonio y geodiversidad. El área del valle y cañón del Colca (entre Sibayo y Andamayo) muestran elementos y procesos geológicos de relevancia, algunos de los cuales merecen ser conservados, resaltados en los itinerarios geoturísticos (en carreteras o caminos). Destacan en su origen elementos y procesos de origen: ***Geomorfológico-volcánico:*** 1) Lavas fisurales y relleno del valle del Colca entre Canocota y Coporaque; 2) Volcanes monogenéticos de Huambo; 3) Coladas de lavas en bloques de origen fisural y domo-lavas en Solarpampa-Lejepampa que descienden hasta Chinini-Huambo; Volcánico-gravitacional: 4) Avalancha de rocas del Hualca Hualca, 5) Deslizamientos de Maca, Lari y Madrigal y otros. ***Geomorfológico-paisajístico:*** Cañón del Colca, 8) Valle de represamiento del Colca entre Pinchollo y Sibayo y desarrollo de andenerías, 9) Castillos encantados de Callalli y Torre Blanca; 10) Cañones menores labrados en coladas de lavas; 11) Pequeños bosques de Rocas; ***Hidrogeológico-vulcanológico:*** 12) Zonas con manifestaciones hidrotermales con desarrollo de infraestructura turística termal en La Calera, El Inca, Colca Lodge, Chacapi, Sangalle, Paclla y presencia de géysers; entre otros en desarrollo; 13) Valles fluviales, valles glaciares, valles colgados, rápidos cascadas y cataratas; 14) Lagunas de origen glaciar y origen volcánico (Chocpayo); 15) Estrato-volcanes con cobertura gla-

Figura 6. Muestras del patrimonio geológico en el Colca: Arriba: Cañón del Colca, géiser de Pinchollo y Cueva de Pumunuta. Abajo: Falla activa de Solarpampa.

ciar (Hualca Hualca, Ampato, Sabancaya, Mismi, Bomboya, Quehuisha, entre otros); ***Tectónico-estructural*** (discordancias, pliegues y contactos geológicos): 16) Sistema de fallas neotectónicas de Trigal-Filos Unca y Solarpampa, 17) Pliegues sinclinales o anticlinales en secuencias Jurásico-Cretácicas; S***edimentológico:*** 18) Estructuras sedimentarias (sismitas) en depósitos lacustres; ***Litológico:*** 20) Diversidad de rocas de origen sedimentario (calizas, areniscas, conglomerados, lutitas, lutitas carbonosas, lodolitas, capas rojas, capas de yeso, diatomitas, travertinos y sinters): volcánico (lavas andesíticas y basálticas, lavas en bloques y de tipo AA, ignimbritas y tobas poco soldadas, aglomerados volcánicos y brechas, caídas de cenizas, lapillis y pómez; flujos piroclásticos), stocks intrusivos terciarios e intrusivos de anatexia y rocas metamórficas. Podemos mencionar a grandes rasgos que el valle y cañón del Colca cuenta con un patrimonio geológico ligado a: 1) Aspectos geológicos representativos de la geología regional del sur de Perú, algunos de ellos expuestos de manera natural o afloramientos, cortes artificiales; 2) Lugares modélicos, como lo es el cañón del Colca; no solo como expresión paisajística sino por los procesos geológicos que han dado su origen, testimonio de levantamiento y exhumación de esta parte de los Andes y profundización del valle; 3) Procesos geológicos activos, como lo son los deslizamientos en los depósitos aluvio-lacustres (Maca, Lari, Madrigal, entre otros), fallas activas el sistema de fallas Huambo-Cabanaconde; 4) Elementos representativos de la geología: volcánicos (estrato-volcanes, conos monogenéticos), estructurales (fallas, plegamientos), sedimentológicos (estructuras de corriente) y estratigráficos; 5) Relación entre el hombre y la geología, los cuales se expresan en la ocupación humana (andenes como medida de estabilización de tierras agrícolas susceptibles a deslizamientos, colcas de piedra, recintos prehispánicos utilización de la piedra del lugar (volcánica y sedimentaria) como materia prima.

Utilización recomendada: el gran potencial de patrimonio natural (geológico) y cultural con que cuenta el Colca propicia el desarrollo del geoturismo, promoviendo la integración de lugares de interés geológico en los circuitos turísticos convencionales u otros desconocidos por los turistas. Los diferentes aspectos con que cuenta favorecen la realización de rutas geoturísticas, rutas culturales, desarrollo de investigación científica.

Protección actual: en el Colca, el manejo de infraestructura turística, promoción, desarrollo, restauración, cuidado, protección y explotación de los recursos naturales, arqueológicos, históricos y económicos está a cargo de la Autocolca, creado por ley en junio del 2009. Una de las funciones principales, expresa en el artículo 4: Cuidar el patrimonio natural; cultural e histórico del "Circuito Turístico Cañón del Colca"; Salinas; Aguada Blanca y Valle de los Volcanes"

impidiendo la ruptura del ecosistema preservando el medio ambiente, su riqueza arquitectónica, artesanal, cultural, costumbrista y paisajista. Sin embargo no se No menciona explícitamente el patrimonio geológico como tal.

Gestión del patrimonio geológico: INGEMMET viene asistiendo técnicamente el tema de geopatrimonio al Comité gestor del primer geoparque en Perú. El informe, denominado Geodiversidad y patrimonio geológico, realizado por INGEMMET (Zavala *et al*., 2014) en el Valle del Colca, cuenta con un inventario de sitios de interés geológico, propuesta de rutas geoturísticas. Desde el 2015 viene trabajando conjuntamente con las municipalidades locales y la Autoridad Autónoma del Colca esta propuesta.

Cañón de Tinajani, Puno

Geopatrimonio y geodiversidad. Tinajani es testigo de acontecimientos geológicos importantes que han condicionado la actual característica del relieve y paisaje. Su geodiversidad es fruto de una historia geológica, donde resaltan: a) una cuenca marina profunda durante el Paleozoico consecuencias expuestos alrededores de Ayaviri; b) cuencas marinas y continentales durante el Jurásico y Cretácico donde resalta parte de una de las megabrechas más grandes del planeta (calizas Ayavacas); c) tectónica de deformación en las rocas que generan plegamientos, fallas y discordancias en el tiempo geológico: Falla Pasani y sinclinal Tinajani; d) actividad volcánica explosiva, expuesta al oeste de Tinajani; e) cuerpos ígneos (batolitos y domos) que cortan las secuencias sedimentarias y volcánicas, emplazados a lo largo de importantes fallas; f) una cuenca sedimentaria continental con sedimentación aluvial y aluvial-lacustre con influencia volcánica: La cuenca Tinajani; f) actividad glacial, levantamiento tectónico y erosión fluvial durante el Plioceno y Cuaternario, principal agente modelador del relieve y de las geoformas que existen en Tinajani. El desarrollo más reciente del tiempo geológico nos muestra la evolución de paisajes fluviales y glaciofluviales. Dentro del patrimonio geológico encontrado destacan: 1) Marmitas de gigante Cañón del Diablo o Tinajani; 2) Torreones pétreos Torre Qaqa y "Tina y Ahani"; 3) Falla Pasani; 4) Sinclinal Tinajani; 5) Cueva Padre Qaqa; 6) Cueva Icma Icmani; 7) Cañón Queñuacuyo; 8) Cueva Iglesia Punku; 9) Cuestas estructurales; 10) Discordancias progresivas Huaracchane; 11) Valle fluvial meándrico encajonado Pacobamba, entre otras.

Utilización recomendada: las características actuales en Tinajani son favorables para realizar investigación geológica, cultural y biológica; la recreación

Figura 7. Muestras del patrimonio geológico en Tinajani. Arriba: Cueva Padre Qaqa; marmitas de gigante Tinajani y torreones pétreos "Tina y Ahani". Debajo: Falla de Pasani y sinclinal de Tinajani.

y disfrute del paisaje mediante el turismo y la geo-educación, al tener espacios didácticos para la enseñanza de procesos geológicos principales.

Protección actual: al interior de Tinajani predominan terrenos de propiedad privada, familias dedicadas principalmente a la ganadería y a la agricultura; también la producción de lácteos (quesos, mantequilla y yogurt). Sin embargo, destaca una familia que ha apostado por el desarrollo del turismo, mostrando en los últimos años emprendimientos loables en la apertura de circuitos, mejora de servicios y oferta turística de visitas, contando con una oficina de turismo en Ayaviri. Los impactos de las actividades urbanas y rurales en su entorno, que afectan el paisaje natural del santuario, están relacionados con la construcción de obras de infraestructura vial que la atraviesa. También es frecuente la quema de pastizales.

Gestión del patrimonio geológico: INGEMMET acaba de terminar la elaboración en borrador de su quinta guía turística, de Tinajani y alrededores, donde se tienen cinco rutas al interior de Tinajani y tres rutas que la integran con Ayaviri, capital provincial de la zona.

Patrimonio geológico en la región Puno, sur de Perú

Geopatrimonio y geodiversidad. En 2014 se realizó un inventario inicial de lugares de interés geológico en la región Puno. Esta región se caracteriza por presentar una riqueza geológica, arqueológica, biológica e histórico-cultural muy particular, que incluye el desarrollo de la minería desde la Colonia (ingenios mineros abandonados y minería activa donde destaca la explotación de estaño). Destaca como ícono el lago Titicaca, uno de los lagos navegables más altos del mundo; complejos arqueológicos incas y preincas, chullpas y tramos del Qhapaq Ñan, así como pinturas rupestres excepcionales; su geografía, asociada a su geología y pisos climáticos, está compuesta por cordilleras volcánicas con estrato volcanes glaciares, mesetas ignimbríticas, colinas y montañas estructurales y amplia extensión del altiplano (planicies y terrazas aluvio lacustres, colinas bajas y lomadas sedimentarias, etc.). Desde el punto de vista paleontológico-estratigráfico destaca una importante extensión de afloramientos del Paleozoico y Meso-Cenozoico y diversas fuentes termales.

El inventario inicial realizado del patrimonio geológico, que será materia de una próxima publicación, incluye:

1. 21 zonas geotermales que comprenden manantiales, zonas geotermales y paleosinters, paisajes con géysers;
2. Nueve zonas paleontológicas (bosques petrificados, icnitas, fósiles del Paleozoico y Mesozoico);
3. Siete lugares con fallas (incluyendo fallas activas); pliegues, olistostromas, diques y estructuras geológicas; 4) Cinco extensos bosques de rocas excepcionales sobre depósitos volcanoclásticos;
4. 27 geoformas singulares: mesetas, cuestas estructurales, estrato-volcanes, cañones, cuevas, cataratas;
5. Tres cordilleras, glaciares y lagunas asociadas;
6. Tres lagunas-salinas o pequeños salares con explotación artesanal de sal;
7. Tres manaderos de petróleo con indicios de recursos de petróleo en Puno;

8. Ocho ingenios mineros, patrimonio minero heredado de la Colonia y la República;
9. Tramos del Qhapaq Ñan (Camino inca con plataformas, drenajes, muros, escalinatas y puentes conservados) y restos arqueológicos que destacan el uso de la piedra local;
10. Tres depósitos de chacco (arcillas comestibles de uso común en el Altiplano peruano-boliviano);
11. Tres playas circunlacustres singulares con geoformas muy turísticas;
12. Cinco sitios con pinturas rupestres en los bosques de rocas.

Gestión del patrimonio geológico. Como parte de la difusión del trabajo sobre patrimonio geológico se ha realizado: un taller de geología y geoturismo (Ayaviri) para promotores turísticos locales en Tinajani; participación en el festival turístico Tinajani 2014 con un puesto de difusión; exposiciones en las escuelas de geología y turismo de varias universidades e institutos de turismo de la región.

Patrimonio Geológico en la Reserva Nacional San Fernando (RNSF), Ica

Como parte de este proyecto el 2015 se realizó un análisis preliminar de sitios de interés geológico, desde el punto de vista geomorfológico-paisajístico, estratigráfico-paleontológico y litológico-estructural-tectónico. A partir de ello, desde el punto de vista de geopatrimonio y geodiversidad en la reserva y alrededores, se pueden señalar preliminarmente los siguientes sitios de interés geológico:

1. Ensenada San Fernando, ícono geoturístico de la RNSF, labrada en esquistos muy alterados y fracturados, y secuencias de areniscas, lodolitas y niveles de lumaquelas y conchales de la Fm. Pisco. Sectores con niveles

Figura 8. Vista panorámica de la ensenada san Fernando principal atractivo turístico de la RNSF.

marinos más recientes. Dos puntas separan tres playas pequeñas de gravilla y arena gruesa; puentes naturales y cuevas labrados por la erosión marina. Resalta un sistema de fallas geológicas tipo graben y horst. Este impresionante paisaje se complementa con la biodiversidad de fauna marina (lobos, pingüinos y aves) y la presencia del cóndor andino.

2. Costa levantada por regresión marina, con acantilados elevados y abruptos; una terraza marina, extensa por partes y un relieve residual labrado sobre rocas metamórficas (gneis, monzogranitos y mármol del Complejo Basal de la Costa) entre la ensenada San Fernando y el cerro Huasipara. Escarpas topográficas de fallas dentro del complejo metamórfico-intrusivo: Sectores Choza Caída-Ensenada y bajada Lechuza
3. Valle encañonado del río Grande que atraviesa esquistos y mármoles del Precámbrico; andesitas jurásicas y secuencias marinas y continentales del Oligoceno-Mioceno-Plioceno, en el sector de Santa Ana.
4. Playas, puntas y geoformas costeras de erosión marina en Punta Caballas.
5. Estuario en la desembocadura del río Ica en el extremo norte de la reserva.
6. Morfoestructuras asociadas a fallas neotectónicas. Desniveles que evidencian el levantamiento de la costa, afectando rocas de la Fm. Pisco y conglomerados de la Fm. Cañete, en la ruta a Punta Caballas.
7. Campos de dunas, dunas trepadoras y dunas tipo barcana en las zonas planas, en la zona desértica de la RNSF en: a) vertiente oeste y sur del cerro Tunga en pampa Clavelinas, b) Dunas de Usaca y Pampa Salinas, que llegan hasta el río Poroma.
8. Restos óseos poco conservados de vertebrados, secuencias marinas (lumaquelas) y restos fósiles que incluye abundantes dientes de tiburón, desde el punto de vista paleontológico (pampa salinas y pampa Huaricangana y con menor relevancia en pampa Tunga).

Los aspectos de ubicación geopatrimonio y geodiversidad, utilización recomendada del lugar, protección actual y gestión del patrimonio geológico, para cada una de las áreas estudiadas se resumena continuación.

Perspectivas sobre los estudios de patrimonio geológico en Perú con relación al geoturismo

La incorporación del patrimonio geológico a la oferta turística de una determinada región o país condiciona el desarrollo del geoturismo. Requiere la provisión

de facilidades interpretativas y servicios para promocionar el valor y los beneficios que poseen los lugares y materiales geológicos (geomorfológicos, paleontológicos, etc.), asegurando su conservación, el uso de estudiantes (de todo nivel), turistas y personas con interés recreativo y de ocio, así como para la investigación científica. Entender que el geoturismo es visto aún como una actividad propia dentro de la oferta turística, sin darle un verdadero valor al patrimonio geológico. El geoturismo usa la divulgación como herramienta para promocionar los lugares de interés geológico, proporcionando nuevas oportunidades al medio rural, que pueden tener éxito (Carcavilla *et al*., 2011).

Por ello los estudios sobre patrimonio geológico desarrollados desde el 2006 por INGEMMET, enmarcados en el programa de investigación "Patrimonio y Geoturismo", han hecho viables actividades que enmarcan la propuesta de geoparques nacionales para su postulación ante la UNESCO. Buscamos difundir el patrimonio geológico del país mediante la publicación de "guías geoturísticas", con información geológica didáctica, propuestas de georutas acompañadas de mapas temáticos (tipos de roca; geoformas y paisajes; georutas). En 2016 se publicarán tres nuevas guías: Valle de los Volcanes de Andahua, Santuario Nacional de Huayllay y Cañón de Tinajani; dos boletines sobre geodiversidad en el valle del Colca sobre geología y geodinámica de un tramo del Qhapaq Ñan.

Nuestra misión como servicio geológico es seguir realizando charlas y talleres con las poblaciones locales, colegios y universidades locales; difundir a la comunidad geológica nacional los resultados de nuestras investigaciones en congresos de geología y turismo e internacionales. La perspectiva de INGEMMET a 2021 de seguir trabajando en este tema, y en especial en zonas de ANP, requiere realizar convenios específicos con el SERNANP para que el inventario del patrimonio geológico y la geoconservación de geositios identificados sean incluidos en los planes maestros o de gestión.

Conclusiones

- Los lugares estudiados son testigos de grandes acontecimientos geológicos en la evolución de los Andes peruanos. Este conocimiento trae consigo la incorporación paulatina del patrimonio geológico. Explicado de una manera didáctica ayuda a entender a un público no geólogo y a los turistas que los visitan los paisajes existentes en cada región, su origen e historia geológica.

- La política de decisión en la gestión de áreas con patrimonio geológico para implementación de un geoparque u otra área de conservación, en los lugares estudiados hasta la fecha, depende de los diferentes actores locales (comunidades, municipios mancomunidades, propietarios privados, jefaturas de áreas naturales protegidas). El servicio geológico actúa como un ente técnico asesor de la propuesta para la gestión y conservación del patrimonio geológico en sus planes maestros.

Referencias

Alleman, V., R. Lannuzzi y H. Pfefferkorn (2006), "Plantas del Carbonífero de Paracas, Perú: testimonios de un intervalo de clima con efecto invernadero durante el Viseano Tardío", *XIII Congreso Peruano de Geología*, Resúmenes Extendidos, Perú, pp. 591-594.

Bellido, E. (1969), *Sinopsis de la Geología del Perú*, Boletín del Servicio Geológico Minero, núm. 39, Perú, 54 pp.

Cabrera, M. Y J. C. Thouret (2000), "Volcanismo monogenético en el sur del Perú: Andahua y Huambo", *Resúmenes X Congreso Peruano de Geología*.

Carcavilla, L., Á. Belmonte, J. J. Durán y A. Hilario (2011), "Geoturismo: concepto y perspectivas en España", *Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra,* Vol. 19, núm. 1, pp. 81-94.

Carlotto, V., J. Cárdenas y G. Carlier (2011), *Geología del cuadrángulo de Cusco 28-s*, 1:50 000. INGEMMET, Boletín, Serie A, Perú, 258 pp.

Delacour, A., M-C. Gerbe, J-C. Thouret, G. Wörner y P-L. Perrine (2007), "Magma evolution of Quaternary minor volcanic centres in southern Peru, Central Andes", *Bull. Volcanol*. núm. 69, pp. 581-608.

Fidel, L., B. Zavala, S. Nuñez y G. Valenzuela (2006), *Estudio de Riesgos Geológicos del Perú-Franja 4,* Boletín 29, INGEMMET, Serie C, Geodinámica e Ingeniería geológica, 386 pp.

Galas, A. y A. Paulo (2008), "Idea of protection of Río Colca Canyon and Valley of Volcanoes", en *Polskie badania w Kanionic Colca i Dolinie Wulkanów*, Cracovia, tomo 34, pp. 17-33.

INGEMMET (2007), *Guía Geoturística de Marcahuasi,* Boletín, Serie I, Patrimonio y Geoturismo, núm. 2, Perú, 84 pp. [www.ingemmet.gob.pe].

INGEMMET (2009), *Guía geoturística Reserva Nacional de Paracas,* Boletín, Serie I, Patrimonio y Geoturismo, núm. 3, Perú, 370 pp. [www.ingemmet.gob.pe].

Ministerio de Cultura (2004), Ley general del Patrimonio Cultural de la Nación, Perú. [www.peru.gob.pe/.../PLAN_94_LEY%20Nº%2028296_2008.pdf] .

Palacios, O., A. Sanchez, S. Canchaya, A. Aranda y N. Chacón (1995), *Geología del Perú,* Boletín 46, INGEMMET, Serie A: Carta Geológica Nacional, Perú,177 pp.

Rivas, F., M. Rivera y E. Guadalupe (2000), "El Patrimonio Geológico y una Metodología para su evaluación. Un tema de Protección Ambiental y Ordenación del Territorio", *Resúmenes X Congreso Peruano de Geología,* Perú.

Rivera, M., L. Fidel y B. Zavala (2002), "Volcanes monogenéticos de Andahua, Huambo y Sora: Preservación y conservación del patrimonio geológico nacional", *Resúmenes XI Congreso Peruano de Geología,* Perú.

Romero, L., M. Aldana, C. Rangel, E. Villavicencio y J. Ramirez (1995), *Fauna y flora fósil del Perú,* Boletín núm. 17, Serie D, INGEMMET, Estudios especiales, Perú.

Romero, D., W. Martínez, A. Sánchez, J. Cervantes, M. Cruz, S. Espinoza y M. Mamani (2005), "An aborted rift process of Aptian-Albian age in central Peru, and its significance for the margin geodynamics", *6th International Symposium on Andean Geodynamics* (ISAG 2005, Barcelona), Extended Abstracts.

Steinmann, G. (1939), *Geología del Perú,* Carl Winter Universitatbuchhandung, Perú, 448 pp.

UNESCO (1972), *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*, 16 pp. [whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf].

Zavala, B. y L. Fidel (2002), "Necesidad de un inventario de puntos de interés geológico para su protección y conservación como patrimonio geológico", *Resúmenes XI Congreso Peruano de Geología*. Lima, Perú.

Zavala, B. (2007), Efectos geológicos del sismo de Pisco en la Reserva Nacional de Paracas, Boletín Técnico, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Perú., 49 pp.

Zavala, B y J. Mariño (2010), "Vulcanismo plio-cuaternario en el valle de volcanes de Andahua, atractivo geoturístico y proyecto de geoparque en el sur de Perú", *XV Congreso Peruano de Geología*, Resúmenes extendidos, Perú, 4 pp.

Zavala B., F. Varela, D. Churata, F. Peña y C. Benavente (2014), Geodiversidad y Patrimonio geológico en el Valle del Colca, entre Sibayo y Andamayo, INGEMMET, Informe técnico, Perú, 260 pp.

Zavala, B., J. Mariño y F. Peña (2016a), *Guía geoturística del valle de los volcanes de Andahua*, INGEMMET, Boletín, Serie I: Patrimonio y geoturismo, 6, 424 pp. + 3 mapas, Perú.

Zavala, B., F. Varela y D. Churata (2016b), *Guía geoturística del Santuario Nacional, Bosque de Rocas de Huayllay,* INGEMMET, Boletín, Serie I: Patrimonio y geoturismo, 7, 481 pp. + 3 mapas, Perú.

Zavala, B., D. Churata y F. Varela (2016c), *Guía geoturística del Cañón de Tinajani y alrededores,* INGEMMET, Informe Técnico en revisión, 260 pp. + 3 mapas, Perú.

Uruguay

César Goso
Instituto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias
Universidad de la República

Helga Chulepin
Geoparque Global Grutas del Palacio

Elianne Martínez
Departamento de Patrimonio Arqueológico
Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación Ministerio de Educación y Cultura

Alejandra Rojas
Instituto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias
Universidad de la República

Martín Ubilla
Instituto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias
Universidad de la República

Kimal Amir†

Introducción

El reconocimiento y valoración del patrimonio geológico en Uruguay es un proceso incipiente y se encuentra en desarrollo. De una manera general, geodiversidad se entiende como "un conjunto de recursos naturales no-renovables de índole geológica, geomorfológica, paleontológica, arqueológica, con valor científico, cultural o educativo, que permiten conocer, estudiar e interpretar una parte de la evolución histórica de la Tierra y de los procesos que la modelan" (Valcarce y Cortés, 1996).

Desde los romanos, y por su raíz latina, el término *patrimonium* encierra la noción de padre y de patria y con esa dualidad ha atravesado muchos siglos. El patrimonio era lo que heredamos de nuestros padres, de nuestros ancestros -en sentido más amplio- y, a la vez, todo aquello que nos pertenecería a todos, en común. Bajo ese enfoque, lo patrimonial está constituido por objetos y bienes materiales, pertenecieran a un individuo, una familia o a la colectividad (Amir, 2011).

El término "patrimonio "ha tenido en el transcurso de la historia –y continúa hoy en día– con una conceptualización muy variada y un proceso de construcción que ha tenido un empuje notable a partir de mediados del siglo XX. En los últimos tiempos ha quedado en evidencia lo dinámica que puede ser su definición, la que invariablemente pasa por el contexto histórico, y teórico, en la que se discute, generando en torno a ello infinidad de análisis y discusiones al respecto.

Patrimonio cultural puede ser definido como una construcción, la cual es históricamente cambiante según los nuevos criterios, fines o circunstancias de cada contexto social y con significados diversos, que varían de acuerdo con los colectivos interesados en él como recurso (Prats, 2004).

Además, la construcción social del patrimonio cultural comporta: interpretación, selección, una conciencia de distancia histórica y de riesgo sobre los objetos identificados como patrimonio y una vinculación de herencia valiosa con la colectividad o el grupo. Su identificación como objeto del patrimonio cultural conlleva interpretarlo como un bien público, como propiedad común vinculado con la nación y al pueblo (Ariño, 2009). Durante el siglo XX el patrimonio cultural se consideró principalmente en los ámbitos arquitectónicos y arqueológicos, valorados en gran medida por su carácter monumental.

Los principales cambios que se han producido en el ámbito del patrimonio se refieren a cómo se le reconoce hoy en día, en su escala, en los espacios y en su pluralidad de representaciones, así como en lo que refiere a su conservación y uso, con mayor involucramiento en las posturas de sustentabilidad, en las políticas de desarrollo y con participación de distintos sectores de la sociedad.

Últimamente el concepto de patrimonio cultural ha recibido mucha atención en Uruguay por parte de diferentes actores, lo que indica que el tema se ha insertado en las agendas tanto profesionales como de otros sectores de la población.

Por lo tanto, puede considerarse al patrimonio cultural de una comunidad, cualquiera sea su escala, como el conjunto de bienes, manifestaciones ,representaciones y lugares de memoria que sus miembros reconocen y legitiman, como referentes de identidad y pertenencia, a manera de legado histórico asumido,vivenciado y proyectado al futuro (González 2014).

A su vez, no es frecuente en Uruguay mencionar al *patrimonio geológico*. Sin embargo, suele considerárselo fundamentalmente en virtud de su valor minero y científico. La Declaración de Girona (1997) contextualiza en diez puntos el significado y la valoración del patrimonio geológico.

En esta Declaratoria se señalan los valores científico, educativo, social, económico y plantea su conservación como bien público y promueve su difusión y disfrute. En muchos espacios naturales la riqueza biológica, geológica y cultural van unidas, constituyendo "paisajes culturales" connotados por el patrimonio de esos lugares. Por lo tanto, el patrimonio geológico y el patrimonio cultural mantienen una estrecha relación que nos permite vincular la Tierra con los seres humanos y la cultura. Consideramos relevantes extraer los siguientes párrafos:

> "La historia de la Tierra… posee hitos especialmente significativos en el tiempo, y lugares o puntos que reflejan procesos de especial interés, que el hombre tiene derecho a conocer y, consecuentemente, la obligación de conserva**r**. Esta serie de elementos geológicos singulares, representativos de la Historia geológica de cada región en particular, y de la Tierra en su conjunto, constituye el patrimonio geológico".
>
> "El patrimonio geológico es un bien común..."
>
> "El patrimonio geológico está íntimamente unido al medio natural. Su conservación, absolutamente necesaria e indisociable de la del patrimonio natural y cultural en general...".
>
> "El patrimonio geológico, adecuadamente gestionado, puede llegar a constituir una *pieza fundamental del bienestar social y económico de su entorno*… el patrimonio geológico es un elemento necesario para la educación ambiental" (énfasis añadido).
>
> "Es necesario que los responsables de las diferentes administraciones Públicas, Centros de Investigación, técnicos, científicos, investigadores, ambientalistas, naturalistas, ecologistas, periodistas y educadores, se movilicen activamente en una campaña de sensibilización del conjunto de la población a fin de lograr que el patrimonio Geológico, indudable cenicienta del patrimonio, deje de serlo, en beneficio de todos".

Protección legal

El giro conceptual que se señaló respecto del patrimonio se ve reflejado en los contenidos de los convenios, recomendaciones y diversos documentos concertados por los organismos internacionales (por ej., UNESCO, ICOMOS, UICN, ICCROM), los cuales se han incrementado en función de las diversas temáticas y se orientan particularmente a las acciones de conservación y uso social. Posteriormente se convierten en marcos de referencia para la protección de los patrimonios culturales y naturales de cada país. Esta evolución de las políticas internacionales en la materia inciden en promover que los Estados dicten normas legales que, a su vez, generan nuevas herramientas de gestión.

La legislación uruguaya en temas ambientales y de protección de recursos naturales es amplia y ha ido creciendo en los últimos anos, como puede observarse en el siguiente listado de las leyes y decretos relacionados con dichos temas:

Constitución Nacional (1967 y mod. de 1996 y 2004). El artículo 47, inciso 1º, declara de interés general la protección del ambiente, habilitando para ello la limitación de otros derechos.

Ley N° 9.515/1935, Ley de Administración de los Departamentos (antes conocida como Ley Orgánica Municipal), confiere competencia de policía higiénica y sanitaria de las poblaciones al Intendente, para vigilar y evitar la contaminación de las aguas, sin perjuicio de la competencia que corresponda a las autoridades nacionales y de acuerdo con las leyes en la materia.

Ley Nº 13.667/1968 Decreto-Ley N° 15.239/1981. Ley de Conservación de Suelos y Aguas superficiales con fines agropecuarios (modificada por la Ley N° 18.564/2009), declara de interés nacional el uso y la conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios.

Patrimonio Cultural Ley Nº 14.040/1971 y Decreto Regl. 536/972; Decreto 273/97, crea la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación, en la órbita del Ministerio de Educación y Cultura (MEC), la que tendrá a su cargo la preservación de sitios arqueológicos así como paleontológicos.

Decreto-Ley N° 14.859/1978 Código de Aguas (artículos 144 al 148 y 201, con la modificación de los artículos 456 y 457 de la Ley N° 16.170/1990), define normas para la defensa de las aguas, álveos y zonas aledañas, como consecuencia de la introducción o derivación a las aguas de sustancias, materiales o energía, facultando al establecimiento de límites, a la imposición del tratamiento previo y sanciones a los infractores.

Decreto 253/979 (y modificativos, especialmente Decreto 579/989 y Decreto 195/99), establece normas para la prevención de la contaminación ambien-

tal a través del control de las aguas. Fija estándares de calidad para las diferentes clases de agua y de efluentes según el tipo de vertido de los mismos. Prevé la necesidad de contar con autorización para los desagües industriales.

Ley N° 16.466/1994 Ley de Prevención y Evaluación del Impacto Ambiental, define el régimen de Evaluación de Impacto Ambiental aplicable a actividades, construcciones u obras, de titularidad pública o privada.

Ley Nº 17.283/2000 Ley General de Protección del Ambiente, reglamenta el artículo 47 (inciso primero) e interpreta el deber de no afectar el ambiente y de recuperarlo si fuere deteriorado; introduce el concepto de desarrollo sostenible y establece los principios e instrumentos de la política nacional ambiental y otras medidas complementarias; prevé sanciones diferentes de las multas y regulaciones específicas sobre algunas materias.

Decreto 349/005 (y modificativo Decreto 178/009), Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental y Autorizaciones Ambientales define el régimen de evaluación de impacto ambiental y define los procedimientos administrativos para el licenciamiento.

Decreto N° 333/004 Reglamento de conservación de suelos (con los agregados y modificaciones del Decreto N° 405/008), reglamenta la Ley de Conservación de suelos y aguas con fines básicamente agropecuarios, aunque el artículo 6º refiere a extracción de materiales del suelo o subsuelo.

Decreto 52/005 de la Ley Nacional 17.234, establece el proceso para definir Áreas Naturales dentro del Sistema de Áreas Protegidas (SNAP), incluye los ecosistemas continentales, insulares o marinas del país, que por su medio ambiente, el paisaje histórico, cultural o singular representa el patrimonio nacional, incluso si lo modifican los seres humanos.

Ley N° 18.308/2008 Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible, reconoce competencias nacionales en la materia pero especialmente incumben a los Gobiernos Departamentales, define instrumentos de ordenamiento territorial, categorización de suelos y autorizaciones de uso y construcción y el establecimiento de medidas cautelares de protección.

En particular, interesa destacar aquí tres leyes fundamentales que son las que se han utilizado para formalizar la geoconservación en Uruguay: la ley que crea la Comisión del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación (Ley N° 14040), la Ley N° 17234, que promueve el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y la Ley N° 18.308/2008 denominada Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible.

La ley que crea la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación (Ley N° 14040) tiene, entre otros cometidos, "proponer la adquisición de la documen-

tación manuscrita e impresa relacionada con la historia del país que se halle en poder de particulares, las obras raras de la bibliografía uruguaya, las de carácter artístico, arqueológico e histórico que por su significación deban ser consideradas bienes culturales que integran el patrimonio nacional". Más adelante, en su artículo 15 establece la prohibición de salida del país, entre otros objetos, de "piezas raras o singulares de material arqueológico o paleontológico provenientes de sus primeros pobladores" (*sic*).

Actualmente, existen iniciativas para modificar la Ley de Patrimonio la cual requiere una actualización sobre la base de las nuevas definiciones, incorporando otras áreas temáticas, nuevas categorías de protección, niveles de gestión territorial y un sistema sancionatorio. La Ley requiere de una nueva institucionalidad para su aplicación.

Un segundo mojón fundamental a los efectos de la geoconservación tiene que ver con lo ocurrido en el año 2000 cuando se promulgó la Ley N° 17234 y se creó el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, como un instrumento de aplicación de las políticas y planes nacionales de protección ambiental.

Se entiende por Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas el conjunto de áreas naturales del territorio nacional, continentales, insulares o marinas, representativas de los ecosistemas del país, que por sus valores ambientales, históricos, culturales o paisajísticos singulares, merezcan ser preservados como patrimonio de la nación, aun cuando las mismas hubieran sido transformadas parcialmente por los seres humanos.

Entre otros objetivos esa ley alude específicamente al medio físico en su artículo segundo:

a) "proteger los hábitats naturales, así como las formaciones geológicas y geomorfológicas relevantes, especialmente aquellos imprescindibles para la sobrevivencia de las especies amenazadas";
b) "mantener ejemplos singulares de paisajes naturales y culturales";
c) "evitar el deterioro de las cuencas hidrográficas, de modo de asegurar la calidad y cantidad de las aguas";
d) "proteger los objetos, sitios y estructuras culturales, históricas y arqueológicas, con fines de conocimiento público o de investigación científica";
e) "proveer oportunidades para la educación ambiental e investigación, estudio y monitoreo del ambiente en las áreas naturales protegidas".

Algunas de las categorías de definición y manejo que estipula esta Ley y que atañen a lo geológico son las siguientes:

- **Monumento natural:** aquella área que contiene normalmente uno o varios elementos naturales específicos de notable importancia nacional, tales como una formación geológica, un sitio natural único, especies o hábitats o vegetales que podrían estar amenazados, donde la intervención humana, de realizarse, será de escasa magnitud y estará bajo estricto control.
- **Paisaje protegido**: superficie territorial continental o marina, en la cual las interacciones del ser humano y la naturaleza, a lo largo de los años, han producido una zona de carácter definido, de singular belleza escénica o con valor de testimonio natural, y que podrá contener valores ecológicos o culturales.
- **Sitios de protección**: aquellas áreas relativamente pequeñas que poseen valor crítico, dado que:
  - Contienen especies o núcleos poblacionales relevantes de flora o fauna.
  - En ellas se cumplen etapas clave del ciclo biológico de las especies.
  - Tienen importancia significativa para el ecosistema que integran.
  - Contienen manifestaciones geológicas, geomorfológicas o arqueológicas relevantes.

La Red Global de Geoparques (GGN y UNESCO) como promotores de la geoconservacion a escala mundial

Un geoparque, según la Red Global de Geoparques, es un reconocimiento que otorga la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) a regiones con un patrimonio geológico singular, para que pueda servir de motor del desarrollo sostenible de los territorios elegidos y para que formen parte de esa Red Global. Desde el año 2004, la UNESCO promueve la conformación de esta Red Global. Para optar por esta certificación, los geoparques deben comprender territorios bien delimitados que presenten aspectos geológicos singulares. Además, se deben integrar aspectos naturales y culturales de interés, incorporando activamente a las comunidades locales y entidades públicas y privadas, con el fin último de fomentar el desarrollo socio-económico de la región de una manera sustentable. En estos lugares se desarrollan actividades educativas y geoturísticas, mediante las cuales se promueven la protección, la investigación y la difusión del patrimonio geológico (Schilling *et al*., 2010).

Es necesario recordar que el Programa de Geoparques Globales de la UNESCO quedó formalmente reconocido por ese organismo a partir de noviembre de 2015. Los geositios y las rocas que ellos exponen muestran y son fundamentales para entender la evolución de la Tierra, su actividad volcánica, movimientos tectónicos, la evolución desde sus orígenes de la vida, así como las características paleoambientales. El patrimonio natural de cualquier país incluye el patrimonio geológico, representado por pequeños o grandes geositios, materializados en el relieve por la presencia de rocas, fósiles, minerales o geoformas.

Patrimonio geológico en Uruguay

Uruguay tiene una extensión superficial continental aproximada a los 187 000 km^2. A pesar de ese pequeño tamaño, si comparado con otros países, tiene una columna estratigráfica muy diversa (Figura 1), desde el punto de vista cronológico y litológico, que le da una interesante geodiversidad. Así es como rocas proterozoicas de variada naturaleza, que conforman parte de escudos y terrenos, como registros vulcano sedimentarios en sectores de cuencas de edades paleozoica, mesozoica y cenozoica (Figura 1), sumada a la acción erosiva, dan lugar a un conjunto de paisajes y afloramientos que son estudiados como fuente de recursos minerales y pueden ser aprovechados para el turismo y la divulgación científica. En virtud de la situación climática de tipo templada imperante desde hace algunos miles de años, se han desarrollado mantos de alteración y suelos que en algunos casos alcanzan espesor métrico, que no dejan una gran cantidad de afloramientos rocosos de buena calidad. Si a esto le sumamos que los últimos movimientos orogénicos de significancia ocurrieron hace unos 500 millones de años, aproximadamente y que procesos morfogenéticos de significancia no ocurren desde fines del Mesozoico, es fácil comprender porque las altitudes máximas no superan los 600 metros y el tipo de relieve dominante en el país es suavemente ondulado del tipo penillanura, con escasas serranías y por la presencia de una densa red de drenaje con amplias llanuras. Esto explica la escasez de afloramientos de buena calidad y las características que sustentan a la producción agrícola ganadera, que la convierten en el principal rubro productivo del país desde sus orígenes como nación.

No obstante, Uruguay cuenta con territorios que están bajo distintas formas de protección de la biodiversidad. Por ejemplo, las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y otras bajo diversas normas nacionales y departamentales, como ecosistemas protegidos, espacios protegidos, todos ellos en el marco de con-

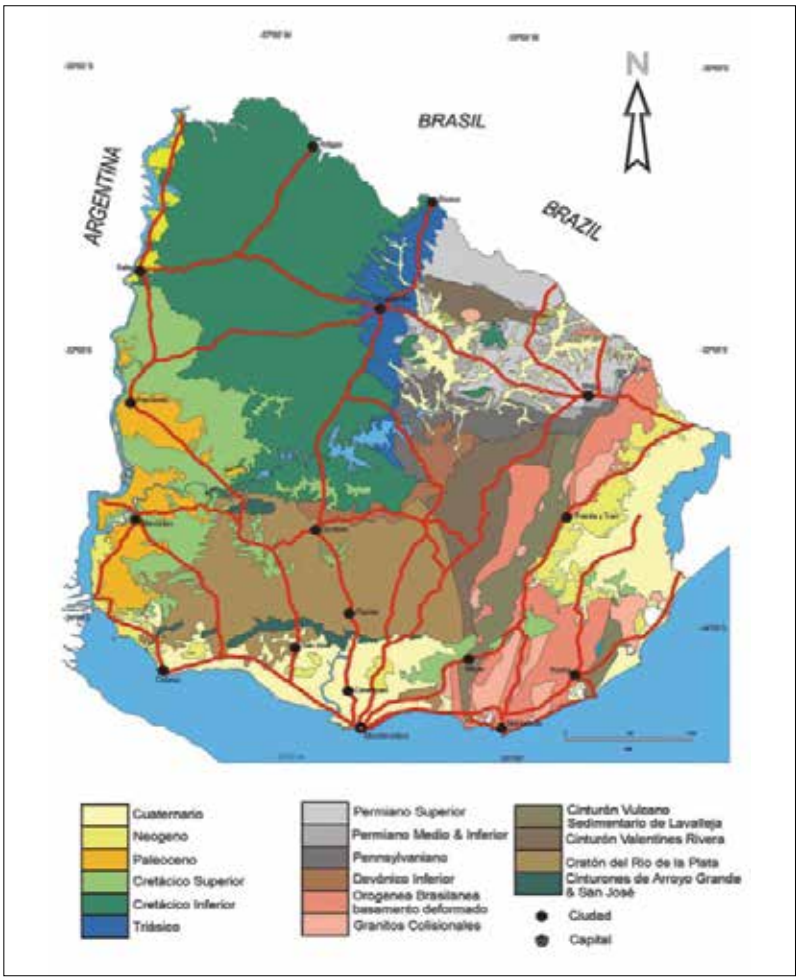


Figura 1. Mapa geológico simplificado de Uruguay. Fuente: http://www.dinamige.gub.uy

venios internacionales, superficies de montes nativos, cuya protección establece la Ley Forestal fuera de las áreas protegidas. Esos espacios superan 7% de la superficie terrestre y marina del país, alcanzando a 2 300 000 hectáreas, de las cuales más de 2 millones son continentales y casi 150 000 son marinas. A su vez, en el espacio marino se aplican otras formas de protección enfocadas en el cuidado de los recursos pesqueros.

Algunos sitios son protegidos con injerencia estatal (nacional o local) en su manejo, y otras veces esos recursos están administrados por privados. Para mencionar algunos ejemplos: unas pocas y relativamente antiguas minas de oro y cobre (Oriental, Arrospide), cavernas formadas por erosión hídrica de distinta naturaleza litológica (Arequita, Grutas del Palacio, Salamanca), escarpes y saltos de agua, aguas termales (Daymán, Guaviyú, Arapey, Almirón), senderos de interpretación de paisajes y procesos físicos, como la erosión (Cerro Pan de Azúcar, La Pedrera, Quebrada de los Cuervos) o la sedimentación dunar (Cabo Polonio), junto con diferentes formas de relieve como elevaciones o cerros como por ejemplo: "Cueva del Tigre", "Cerro de la Cuentas", "Vichadero", "Guazú Nambí", "Miriñaque", "Cerro Grande", "Bajada de Pena, "Sierra del Apretado". Ellos son algunos ejemplos de los sitios que se pueden encontrar con distintas visiones conservacionistas y, a la vez, de recreación, formando parte de diferentes circuitos turísticos. Cada uno de ellos gestionado de manera individual sin formar parte de una estrategia o plan común, o bajo directrices generales. Asimismo, cabe destacar, el "Cerro de los Claveles", visitado por Charles Darwin en 1832 que se declaró como Monumento Histórico Nacional en 1976, como un elemento de orgullo local por la visual del paisaje fluvial del segundo río en importancia en el país (Río Negro) y por la visita del naturalista.

Recientemente, en 2013, se declaró el primer Monumento Histórico Nacional para un sitio paleontológico en el centro del país (Departamento de Tacuarembó), un rastro dejado por huellas de dinosaurios. Esa propuesta es el primer intento en preservar el patrimonio paleontológico que se encuentra en sitios a cielo abierto. Estas iniciativas son las primeras en tener alguna respuesta oficial positiva y han involucrado a distintas instituciones públicas.

Integran actualmente el Sistema Nacional de Áreas Protegidas diez áreas (Figura 2). La mayoría de ellas, probablemente siete, presentan entre sus principales atributos las características geográficas, paisajísticas o geomorfológicas que las hizo apropiadas para albergar determinados ecosistemas (planicies para humedales, serranías, cavernas). En particular para el tema aquí tratado, en mayo de 2013 ingresó al SNAP, bajo la categoría monumento natural la primera propuesta integral de geoconservación en Uruguay, a instancias del Gobierno Departamental de Flores, la Facultad de Ciencias (Universidad de la República) y "Grupo Porongos" una ONG ambientalista, que se detallará en el siguiente apartado. Asimismo, importa destacar que en 2014 se declaró Monumento Histórico Nacional Cerro de los Burros, en el Departamento de Maldonado, por sus valores culturales vinculados a sitios arqueológicos correspondientes al poblamiento temprano de Uruguay (alrededor de 10 mil años) y de América del Sur.

Figura 2. Mapa de ubicación de las áreas que integran el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

Geoparque Global Grutas del Palacio. PG 244

Desde setiembre de 2013 integra la Red Global de Geoparques el Geoparque Grutas del Palacio, con una extensión de algo más de 3 100 km^2, ocupando gran

parte del Departamento de Flores (Figura 3). Este geoparque está integrado por una serie de geositios de distinta relevancia científica, pero que fueron incluídos teniendo como foco de atención la geodiversidad y cómo utilizarla para contribuir a la comprensión de algunos procesos geológicos ocurridos en la Tierra. En la Tabla 1 se detallan algunas de las principales características de los geositios y en la Figura 4 se presentan imágenes de algunos de ellos (Amorín y Goso 2011, Goso *et al*., 2011, 2013).

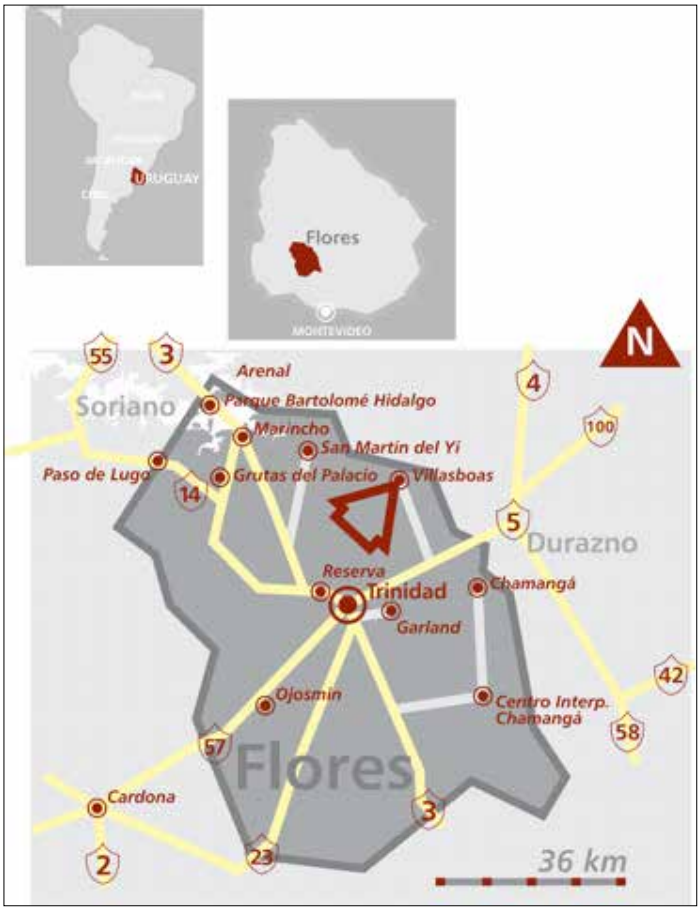


Figura 3. Mapa de ubicación del Geoparque Grutas del Palacio y sus geositios (Goso *et al*., 2013).

La organización del Geoparque Grutas del Palacio está a cargo de un Comité Promotor, integrado por los siguientes actores: 1) la Intendencia Departamental de Flores, quien es además el responsable de gestión y presupuesto; 2) las autoridades nacionales, representadas por el Ministerio de Educación y Cultural, Ministerio de Turismo y Deporte, Ministerio de Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente y próximamente el Ministerio de Industria, Energía y Minería; 3) el sector educativo, representado por las autoridades departamentales de Educación Primaria y Secundaria y por la Universidad de la Republica y finalmente; 4) el sector privado representado por las Cámara de Comercio y de Turismo de-

Tabla 1. Geositios del Geoparque Grutas del Palacio

Geositio	Geodiversidad	Propiedad	Relevancia
Lago Paso del Palmar	Terrazas fluviales, vestigios arqueológicos	Privado	Nacional
Grutas del Palacio	Rocas sedimentarias cretácicas, paleorizoconcreciones, cavernas, paleosuleoslateríticos	Público	Internacional
Parque Bartolomé Hidalgo	Rocas sedimentarias pérmicas, geoformas de erosión	Público	Nacional
Falla Villasboas	Corredor de falla en rocas graníticas proterozoicas	Privado	Nacional
Dique Máficos Garland	Microgabro proterozoico	Privado	Internacional
Dique Máficos Chamangá	Cantera de microgabro proterozoico abandonada	Privado	Internacional
Granito gris y pinturas rupestres de Chamangá	Rocas graníticas proterozoicas con pinturas rupestres	Privado	Internacional
Cerros Ojosmín	Elevaciones en rocas proterozoicas	Privado	Nacional
Marincho	Rocas plutónicas hornblendíticaspost-tectónicas	Privado	Internacional
Cinturón Andresito	Secuencias vulcano–sedimentaria proterozoica	Privado	Nacional
"Mar de piedras" San Martín del Yí	Afloramientos en bochas de granitos proterozoicos	Privado	Nacional
Reserva	Relieve y afloramientos graníticos	Privado	Nacional

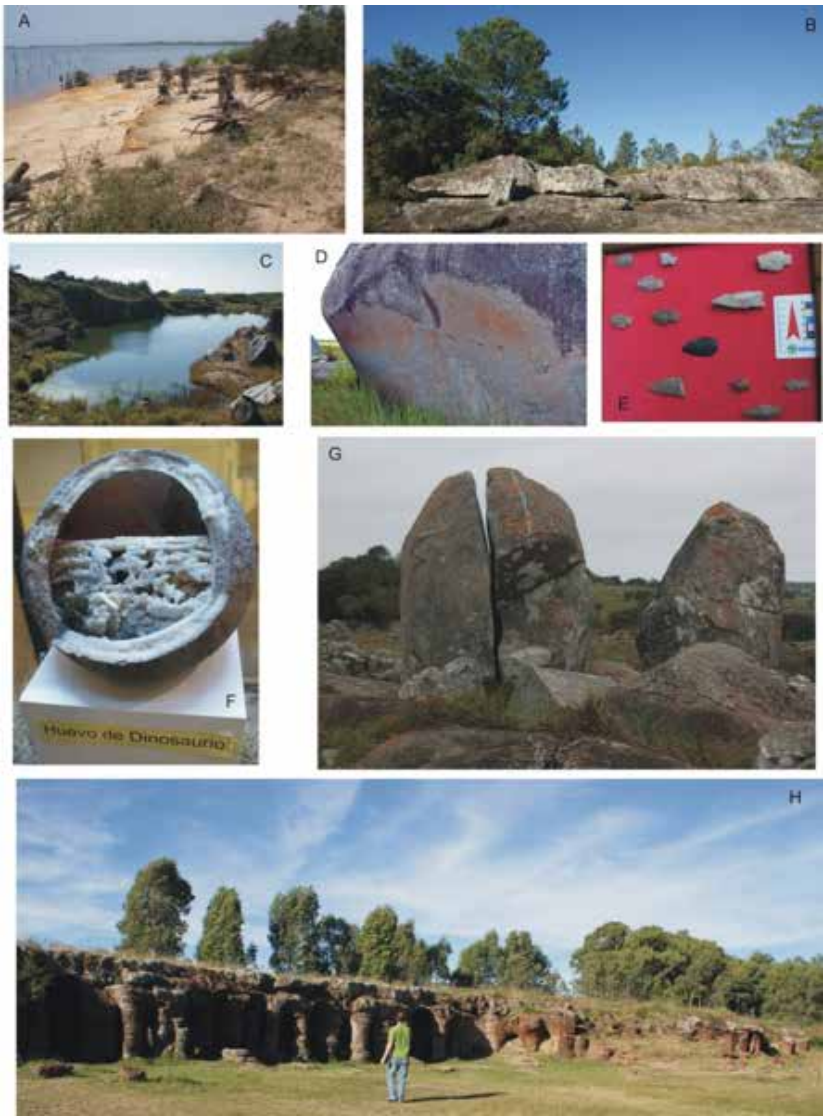


Figura 4. Imágenes de geositios y otros de interés del Geoparque Grutas del Palacio. A: arenal del Lago Paso del Palmar; B: "Lagarto de piedra", areniscas pérmicas (Parque Bartolomé Hidalgo); C: Cantera de "granito negro" (Chamangá); D: Pintura rupestre (Chamangá); E: artefactos líticos arqueológicos (Museo Departamental de Flores); F: Huevo de dinosaurio (Museo Departamental de Flores); G: Mar de piedras "San Martín del Yí"; H: Grutas del Palacio.

partamentales, la ONG "Grupo Porongos" , la Iglesia y otros actores, como los artesanos locales.

Esto implica la asignación de recursos económicos y financieros del presupuesto de cinco años y los recursos humanos, tanto locales como externos, para la ejecución. Aunque la mayoría de los sitios están ubicados en tierras privadas, la Intendencia de Flores es responsable del mantenimiento de las áreas de acceso público del geoparque. En lo que se refiere a la protección del patrimonio geológico, como se ha mencionado, dos de los geositios, las pinturas rupestres de Chamangá y Grutas del Palacio, son áreas protegidas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Por esta razón tienen el máximo nivel de protección de carácter nacional.

El compromiso asumido en geoconservación por parte de las autoridades del Departamento de Flores y los gestores del Geoparque Grutas del Palacio es contundente y alentador. Esa autoridad local encontró en la Ley de Ordenamiento Territorial una herramienta apropiada para reglamentar a nivel departamental la protección de geositios. Esta ley, obliga a las intendencias departamentales del país a establecer las Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial, con un Plan Estratégico basado en un Informe Ambiental Estratégico, para ejecutar las medidas cautelares de protección en donde se entienda pertinente.

En este proceso las Directrices del Departamento de Flores han incorporado el Geoparque Grutas del Palacio, con diez geositios y otros sitios de interés que resultaron protegidos por una medida cautelar sobre forestación y minería, en el Decreto No. 0821 promulgado por la Junta Departamental de Flores. Ese decreto suspende el derecho al uso de la tierra con fines de forestación y minería. Por lo que los geositios incluidos en el Geoparque Grutas del Palacio y sitios de interés turístico y patrimonial serán categorizados en las Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible como Suelo Rural Natural. El Art. 4 del Decreto 0821, estipula que "… en caso de contravención a la medida cautelar dispuesta, se hará uso por parte de la Intendencia Departamental de Flores, de las facultades previstas en el artículo 68 de la Ley 18.308 de 18 de junio de 2008 y se aplicarán las sanciones correspondientes de acuerdo a lo establecido en el segundo párrafo del artículo 71 de la referida ley". Las medidas de protección incluyen el área de acceso público del geositio y una zona de amortiguación definida por los técnicos.

Patrimonio paleontológico en Uruguay

Uruguay posee una importante riqueza paleontológica. Esta incluye tanto fósiles de cuerpo (restos esqueletales y moldes) como icnofósiles (rastros de la actividad de organismos), estando representados varios segmentos de la escala de tiempo geológico.

Existen rocas precámbricas que han aportado importante información, no exenta de controversias, incluyendo algunas que han contribuido a interpretar la evolución temprana de metazoarios bilaterios (Pecoits *et al.*, 2012). En rocas del Paleozoico medio a tardío hay diferentes tipos de restos fósiles tanto del ambiente marino como continental (comunidades marinas del Devónico Inferior; asociaciones vegetales y animales del Carbonífero-Pérmico; vertebrados continentales del Pérmico tardío, entre otros) (Veroslavsky *et al.*, 2006; Perea, 2011).

Los depósitos del Mesozoico están relacionados con fósiles de formas vinculadas a contextos acuáticos y de interdunas del Jurásico-Cretácico, incluyendo los registros más antiguos de dientes de dinosaurios para el Uruguay, almejas gigantes, peces, otros reptiles, así como asociaciones de huellas de dinosaurios, a los que se suman los registros de dinosaurios y cocodrilos terrrestres en niveles continentales del Cretácico (Veroslavsky i, 2004; Perea, 2011).

Es en los cuerpos de rocas del Cenozoico donde se concentra la mayor cantidad de información paleontológica del Uruguay. En este último caso se relaciona con una variada representación de formas marinas, continentales y marginales. En este segmento del tiempo geológico se expresan asociaciones notablemente preservadas y diversas de icnofósiles de paleosuelos y moluscos paleógenos continentales; niveles marinos con una gran diversidad de invertebrados e icnofauna relacionados con un fenómeno transgresivo/regresivo del Mioceno tardío, y que incluye la única ventana al contexto terrestre de este periodo en Uruguay, ya que allí también están preservados vertebrados continentales; los mamíferos más antiguos de Uruguay están registrados en depósitos continentales del Paleógeno alto; los cuerpos de roca pliocénicos, pleistocénicos y holocénicos alojan una gran diversidad de formas (diversos grupos de invertebrados, vegetales y una gran variedad de mamíferos) que permiten estudiar a detalle las variaciones ambientales, climáticas y del nivel del mar en esta región de Sudamérica (Veroslavksy *et al.*, 2009; Perea, 2011).

La información paleontológica disponible con base en distintas líneas de investigación llevadas a cabo por especialistas que involucran además diferentes estudios de posgrado (maestrías y doctorados). En los últimos años, además, el

cuerpo de conocimiento generado ha tenido difusión en el ámbito internacional en revistas de amplia distribución.

Perspectivas

La reflexión apunta a estimular la conservación del patrimonio geológico con criterios sistemáticos, promoviendo la caracterización y la generación de inventarios, siguiendo las recomendaciones internacionales, como las de la IUGS (International Union of Geological Sciences), entre otras.

Si bien estas son aspiraciones válidas, cabe acotar que en Uruguay aún queda mucho camino por transitar. Se cuenta con algunas herramientas legales que se están empezando a utilizar a los efectos de la geoconservación, pero aún existen algunas dificultades. Por ejemplo, se cuenta con un respaldo legal que articule el uso del patrimonio paleontológico en lo concerniente a compra-venta y/o posesión del mismo por parte de particulares. La Ley de Patrimonio vigente solamente establece, y con poca claridad, que no está permitido sacar del país material paleontológico y no hace referencia alguna a la compra/venta. Esto no ha impedido que en los últimos años se detecte actividad de extranjeros realizando colecta de materiales, que sorprendentemente poseen un conocimiento muy preciso de sitios fosilíferos y de colecciones locales, así como la oferta de materiales paleontológicos en diferentes mercados (nacionales e internacionales) sin ningún tipo de control por parte del Estado.

Por otro lado, esta ley vigente incluye, dentro del patrimonio, objetos tan disímiles como fósiles, pinturas u obras arquitectónicas, que por su naturaleza y características no debieran tratarse uniformemente sino estar amparadas en marcos legislativos que tomen en cuenta sus singularidades. Por ejemplo, una ley o un marco legal que ampare el patrimonio paleontológico debiera tomar en cuenta la posibilidad de préstamo de materiales a instituciones del exterior, canje de materiales entre instituciones, estadía temporal de materiales en el exterior para ser preparados, estudiados, analizados químicamente, etc.

Por otra parte, la Comisión de Patrimonio carece de paleontólogos que puedan ocuparse de estos problemas existiendo una importante orfandad al respecto. Por ejemplo, el patrimonio paleontológico de Uruguay rara vez es tenido en cuenta a la hora de prever y ejecutar la construcción de emprendimientos o modificaciones del paisaje. Son escasos los ejemplos en los cuales los estudios de impacto ambiental requeridos por los organismos de contralor del Estado (por ejemplo, la Dirección Nacional de Medio Ambiente), incluyan una evaluación

del impacto que futuras obras podrían tener sobre posibles yacimientos fosilíferos o sustratos potencialmente fosilíferos. Un ejemplo emblemático de esto fue la instalación de un emprendimiento relacionado con la producción de celulosa en la localidad de Conchillas en el departamento de Colonia. Justamente el nombre de la localidad responde a un importante y extendido yacimiento fosilífero de origen marino, rico en conchillas de moluscos, que desapareció en el transcurso de la construcción del emprendimiento. Esto ocurrió sin que los organismos de contralor del Estado exigieran un estudio de impacto de cuño paleontológico previo.

El mayor esfuerzo de preservación del material paleontológico se realiza en especial en la incorporación de los materiales colectados a diversas colecciones. Esta es la única forma (o debiera serla) de garantizar la preservación a largo plazo (para la eternidad) de piezas paleontológicas. En especial, en instituciones públicas (universidad y varios museos de Montevideo y del interior), que tienen más oportunidad de perdurar. Sin embargo, las instituciones públicas mencionadas y sus colecciones tienen muy diferente respaldo y sustentabilidad débil en algunos casos. Una de las mejor posicionadas es la Colección Paleontológica de la Facultad de Ciencias, esta es una colección viva, ya que crece continuamente a través de los trabajos de investigación que se desarrollan en la institución. Si bien no siempre fue así, desde hace unos años se vienen desarrollando actividades de mejoramiento y acondicionamiento de su acervo paleontológico que apuntan a la valorización de esta colección y a garantizar la preservabilidad de los especímenes a largo plazo (Rojas, 2011). Las colecciones especializadas son hoy el mejor escenario que asegura preservabilidad y disponibilidad de estudio de los fósiles para los investigadores que así lo requieran. No obstante, en general existe poca retroalimentación por parte de autoridades de turno (a varios niveles) de darle sustentabilidad y perdurabilidad a las mismas, en términos de recursos financieros y humanos. Esto muchas veces se debe a la poca concientización y racionalización del valor cultural, patrimonial y científico que poseen los fósiles.

Además de colecciones de fósiles en instituciones públicas, existen algunas colecciones particulares tanto en Montevideo como en algunos lugares del interior del Uruguay, desarrolladas por autodidactas que, al tener vinculación directa con investigadores, promueven la preservación y el estudio de los materiales. Paradójicamente, en algunos casos, estos particulares poseen una mayor conciencia de preservación de los materiales que las autoridades locales de turno. El problema con las colecciones particulares es que pueden ser efímeras ya que la conservación de los fósiles depende del interés del coleccionista o eventualmente de familiares o amigos cercanos. Nada impide que cuando el coleccionista fallezca esta colección termine perdiéndose o desechándose. En el mejor de los casos

puede terminar donada a alguna institución pública. Existe al momento una propuesta de articulación de museos a nivel nacional que busca establecer una red interconectada y eventualmente brindar algún tipo de apoyo económico. Tal iniciativa aún no ha arrojado resultados, y cabe resaltar que para esto las colecciones paleontológicas resultan marginales ya que debe atender a una amplísima variedad de instituciones.

Vale destacar finalmente que los técnicos especializados en geoconservación deben continuar trabajando en la divulgación de este concepto, fomentar el desarrollo de actividades y contribuir a la generación de una normativa específica al tema. Igualmente, resulta indispensable considerar la necesidad de llevar a cabo un inventario nacional de geositios. Se valora positivamente que colegas en América del Sur se encuentren en este mismo proceso y acciones, como lo muestra esta publicación, y promuevan el trabajo en red. La popularización del conocimiento en ciencias de la Tierra, así como la valoración y protección del patrimonio geológico, deben basarse en criterios científicos y estar a disposición del desarrollo de las comunidades.

Referencias

Amir, K. (2011), "La Gruta del Palacio, patrimonio creciente de nuestro departamento", *Semanario Ecos Regionales,* 18 de noviembre, p. 7. Trinidad, Flores.

Amorín, B. y C. Goso (2011), "Grutas del Palacio: una propuesta de gestión de geoparque en el Uruguay", en *I Simposio Brasileiro de Patrimonio Geológico y II Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre iniciativas en Geoturismo,* Río de Janeiro, Brasil.

Ariño Villarroya, A. (2009), "La patrimonialización de la cultura y sus paradojas", en Gatti, G., I. Martínez de Albéniz Ezpeleta, B. Tejerina Montaña (coords.), *Cultura experta e identidad en la sociedad del conocimiento,* Servicio Editorial Universidad del País Vasco, España, pp.131-156.

González, N. (2014), "¿Qué es el patrimonio cultural?", *SUMAR en Patrimonio. Informe Panel de Referentes,* Montevideo, pp. 15-19.

Goso, C. K. Amir, H. Chulepin, B. Amorín, D.Irazábal, D. Picchi (2013), "Geoparque Grutas del Palacio: herrmienta para la geoconservación, la geoeducación y geoturismo en Uruguay", en *III Encuentro Latinoamericano de Geoparques,* San Martín de los Andes, Argentina.

Goso, C., H. Chulepin, D. Irazábal, D. Picchi (2013), "Grutas del Palacio: ingreso al SNAP como monumento natural", en *VI Congreso Nacional de Áreas Naturales Protegidas,* Maldonado, Uruguay.

Goso, C., K. Amir, F. Colombo, C. Verissimo, B. Amorín (2011), "Grutas del Palacio: primer patrimonio geológico en Uruguay gestionado como geoparque", *XVIII Congreso Geológico Argentino,* Neuquén, Argentina.

Pecoits, E., K. Konhauser, N. Aubet, L. Heaman, G. Veroslavsky, R. Stern, M. Gingras. (2012), "Bilaterian burrows and grazing behavior at >585 Million years ago", *Science,* núm. 336, pp. 1693-1696.

Perea, D. (2011), *Fósiles de Uruguay,* segunda edición (con actualizaciones), DIRAC-FC, Uruguay, 346 pp.

Prats, L. (2004), *Antropología y patrimonio,* segunda edición, Editorial Ariel. Barcelona, España.

ProGEO (2011), Conserving our shared geoheritage – a protocol ongeoconservation principles, sustainable site use, management, fieldwork, fossil and mineral collecting, 10 pp. [http://www.progeo.se/progeo-protocol-definitions-210110915.pdf].

Rojas, A. (2011), "The palaeontological collection at Facultad de Ciencias, Universidad de la República (Montevideo, Uruguay): past, present and future", *The Geological Curator*, vol. 9, núm. 5, pp. 315-324.

Schilling, M., V. Mantesso-Neto, K. Mansur, R. López, V. Ramos, B. Zabala, C. Goso (2010), "Creación de La Red de Geoparques de Latinoamérica", *XV Congreso Peruano de Geología*, Cusco, pp. 282-285.

Valcarce, E. y A. Cortés (1996), "El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización", en *Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Serie Monografías*, Madrid, pp. 11-16.

Veroslavsky, G., M. Ubilla y S. Martínez (2009), *Cuencas sedimentarias de Uruguay. Geología, Paleontología y Recursos Naturales. Cenozoico*, segunda edición, DIRAC-FC/CSIC, Montevideo, Uruguay, 447 pp.

Veroslavsky, G., M. Ubilla y S. Martínez (2006), *Cuencas sedimentarias de Uruguay. Geología, Paleontología y Recursos Naturales. Paleozoico,* DIRAC-FC, Montevideo, Uruguay, 325 pp.

Veroslavsky, G., M. Ubilla y S. Martínez (2004), *Cuencas sedimentarias de Uruguay. Geología, Paleontología y Recursos Naturales. Mesozoico,* segunda edición, DIRAC-FC/CSIC, Montevideo, Uruguay.

Páginas en Internet

http://patrimoniouruguay.blogspot.com/
http://www.mvotma.gub.uy/2013-06-21-15-22-26.html

Patrimonio geológico y su conservación en América Latina. Situación y perspectivas nacionales, editado por el Instituto de Geografía, se terminó de imprimir el 23 de septiembre de 2016, en los talleres de Tipos Futura, S.A. de C.V., Francisco González Bocanegra, núm. 47-B, col. Peralvillo, del. Cuauhtémoc, C.P. 06220, México, D.F. Edición realizada a cargo de la Sección Editorial del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Revisión y corrección de estilo: Raúl Marcó del Pont Lalli. Diseño y formación de galeras: Laura Diana López Ascencio y Diana Chávez González. Fotografía de portada: Huayllay, Perú, Bilberto Zavala Carrión.

Patrimonio geológico y su conservación en América Latina
Situación y perspectivas nacionales

José Luis Palacio Prieto (coordinador)
José Luis Sánchez Cortez
Manuel Enrique Schilling
(editores)

Los esfuerzos encaminados a la conservación de la naturaleza se han enfocado de manera preferencial a la biodiversidad. El patrimonio natural, sin embargo, no se reduce a los elementos representativos de la diversidad biológica en el planeta, incluye también los aspectos geológicos y geomorfológicos, cuyas características son determinantes para explicar la distribución de la vida en la Tierra. De ahí que la puesta en valor de la geodiversidad resulte necesaria para establecer mecanismos efectivos para conservación del ambiente con un enfoque holístico.

Así, la geodiversidad, de manera amplia, es un término análogo al de biodiversidad. Se define como la variedad natural de la superficie de la Tierra, en referencia a los aspectos geológicos y geomorfológicos, los suelos y las aguas superficiales, así como a otros sistemas creados como resultado tanto de procesos naturales (endógenos y exógenos) como de la actividad humana. La geodiversidad incluye la apreciación ambiental, ecológica y biológica de la Tierra en el tiempo y en el espacio. El geopatrimonio, entonces, se identifica a partir de lugares, puntos o sitios de interés geológico, conocidos como geositios, que refieren localidades clave cuyas características permiten reconocer y comprender las etapas evolutivas de una localidad, de una región, o de la Tierra misma en su conjunto.

En este libro se incluyen contribuciones que describen la situación de los recursos geopatrimoniales en nueve países de la región, de las que se desprenden las perspectivas de su desarrollo. Los objetivos de esta la obra se enfocan a conocer el estado que guarda el tema de patrimonio geológico en América Latina desde una perspectiva nacional; caracterizar el desarrollo de los estudios sobre patrimonio geológico en América Latina, temas, prioridades y perspectivas, y establecer una comunicación con especialistas interesados en la materia como base para el establecimiento de un Foro Latinoamericano de Geoparques, que sirva de interlocutor con otras iniciativas de alcance regional y mundial.

ISBN 978-607-02-8374-1

Versión digital