the Miguel Ibáñez wetlands (Segovia, Spain). *Hydrological Sciences Journal*. DOI: 10.1080/02626667.2014.895831.
Díez, A.; y Martín-Duque, J.F. 2005. La geología de Segovia y la salud de los segovianos. Las Raíces del Paisaje. Condicionantes geológicos del territorio de Segovia. En: S.A. Abella Mardones, B. B.Salinas y L. Toldi, eds. Colección Hombre y Naturaleza. VII ed. Junta de Castilla y León, 752 p.
Gallego, E. y García Cortés, A. (1996). Patrimonio geológico y espacios naturales protegidos. Geogaceta, 19, 202-206.
Maes, J.; Teller, A.; Erhard, M.; Liquete, C.; Braat, L.; Berry, P.; Egoh, B.; Puydarrieux, P.; Fiorina, C.; Santos, F.; Paracchini, M.L.; Keune, H.; Wittmer, H.; Hauck, J.; Fiala, I.; Verburg, P.H.; Condé, S.; Schägner, J.P.;. San Miguel, J.; Estreguil, C.; Ostermann, O.; Barredo, J.I.; Pereira, H.M.; Stott, A.; Laporte, V.; Meiner, A.; Olah, B.; Royo Gelabert, E.; Spyropoulou, R.; Petersen, J.E.; Maguire, C.; Zal, N.; Achilleos, E.; Rubin, A.; Ledoux, L.; Brown, C.; Raes, C.; Jacobs, S.; Vandewalle, M.; Connor, D.; Bidoglio, G. 2013. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020*. Publications office of the European Union, Luxembourg.
Gordon, J.E.; Barron, H.F. 2013. The role of geodiversity in delivering ecosystem services and benefits in Scotland. *Scottish Journal of Geology* 49: 41-58.
Gray, M. 2004. Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons. West Sussex. 434 p.
Gray, M.; Gordon, J.E.; Brown, E.J. 2013. *Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management*. Proceedings of the geologists Association 124 (4): 659-673. DOI: 10.1016/j.pgeola.2013.01.003.
Junta de Andalucía 2002. *Plan Andaluz de Humedales*. Consejería de Medio Ambiente. 253 p.
IGME-DGA 2010a. *Actividad 10. Apoyo a la implementación de la Directiva de protección de aguas subterráneas. Determinación de tendencias y de puntos de partida para la inversión de tendencias. Demarcación hidrográfica del Duero.* Ministerio de Ciencia e Innovación y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Centro de Documentación del IGME. 123 pp.
IGME-DGA 2010b. *Actividad 6. Actuaciones en aguas subterráneas para la revisión de los planes de sequía. Encomienda de gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. Demarcación Hidrográfica del Duero*. Centro de Documentación del IGME.
IWMI 2014. *CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE). Ecosystem Services and Resilience Framework*. International Water Management Institute. 52 p.
Manzano, M.; Bocanegra, E.; Custodio, E.; Betancur, T.; Cardoso, G. 2013. Una aproximación a los servicios al bienestar humano de los humedales vinculados a las aguas subterráneas en Ibero América. *X Simposio de Hidrogeología*, Granada, 16-18 de octubre 2013, 953-963.
MEA, Millennium Ecosystem Assessment 2005. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute. Washington, D.C. USA.
Moyano, A.; Mayorga, P.; y García-Sánchez, A. 2003. Contaminación de arsénico en aguas subterráneas de Castilla y León. *III Congreso Iberoamericano de Física y Química Ambiental*. Red Iberoamericana de Química Ambiental (RIQA). Tlaxcala, México. 50-54.
Wedepohl K.H. (ed.) 1978. *Handbook of Geochemistry*. Springer. Berlín.

A. Hilario, M. Mendia, M. Monge-Ganuzas, E. Fernández, J. Vegas y A. Belmonte (eds.). Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos. Cuadernos del Museo Geominero, nº 18. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2015. ISBN 978-84-7840-962-4
© Instituto Geológico y Minero de España

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA INTEGRAR LA BIODIVERSIDAD Y LOS LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO EN LA GESTIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS: EL EJEMPLO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE URDAIBAI

A METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR INTEGRATING BIODIVERSITY AND GEOSITES IN PROTECTED AREAS MANAGEMENT: THE CASE STUDY OF URDAIBAI BIOSPHERE RESERVE

M. Mendia[1], M. Monge-Ganuzas[2] M. Onaindia[3] y L. Peña[3]

[1] Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Sarriena auzoa s/n 48940 LEIOA (Bizkaia, País Vasco)
m.mendia@ehu.es
[2] Servicio Técnico de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Dirección de Medio Natural y Planificación Ambiental del Gobierno Vasco. Palacio Udetxea. Allende Salazar etorbidea, 4 48300 GERNIKA-LUMO (Bizkaia, País Vasco)
manu-monge@euskadi.eus
[3] Cátedra UNESCO de Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental (CDSEA) de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Sarriena auzoa s/n 48940 LEIOA (Bizkaia, País Vasco)
lorenapena@ehu.es

Resumen: La adecuada gestión de las áreas protegidas requiere de la toma en consideración tanto de su biodiversidad como de su geodiversidad, así como de sus interrelaciones. Por ello, este trabajo tiene como objetivo proporcionar un marco metodológico para integrar las áreas biológica y/o geológicamente valiosas de estos espacios dentro de una red de diversidad natural que deberá ser tenida en cuenta dentro de sus documentos de planificación. Como caso de estudio se ha utilizado la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (RBU), ya que su Plan de Gestión se encuentra actualmente en proceso de revisión. Los resultados indican que alrededor de la mitad de sus Lugares de Interés Geológico (LIG) no muestran relación espacial con los *Hotspot* de biodiversidad, lo que significa que identificar sólo estos *Hotspots* no es suficiente para gestionar la totalidad del patrimonio natural. Por tanto, se propone establecer medidas de conservación específicas para los LIGs y su inclusión dentro de los documentos de planificación de la gestión de las áreas protegidas. Además, se concluye que el marco metodológico propuesto es útil para llevar a cabo la gestión conjunta de la biodiversidad y la geodiversidad en estas áreas.

Palabras clave: Conservación; Diversidad natural; GIS; Natura 2000; Patrimonio geológico.

Abstract: *Management of any protected area requires an understanding of their natural diversity (biodiversity and geodiversity) and of the linkages between both. Thus, this paper aims to provide a framework for the integration of biologically or geologically valuable areas into a natural diversity network that may be used for nature conservation and management plans of protected areas. We used as study case the Urdaibai Biosphere reserve (UBR) because its management plan it actually under revision. The results indicated that almost half of the geosites did not show spatial congruence with biodiversity hotspots; it means that, conserving only high biodiversity areas is not sufficient to conserve the natural heritage. Moreover, those geosites that showed spatial congruence with biodiversity hotspots despite being in areas*

legally protected were unprotected because they had not targeted conservation measures. Therefore, we proposed to create effective conservation measures for geosites and their integration into the conservation and management plans of existing protected areas. Moreover, we concluded that the proposed framework is very useful for the integration of biodiversity and geodiversity into the management of protected areas.

Keywords: Conservation; Natural diversity; GIS; Natura 2000; Geoheritage.

INTRODUCCIÓN

La IUCN define un área protegida como "un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios asociados (Dudley, 2008). Aunque en esta definición el término *naturaleza* se refiere al conjunto de la biodiversidad y la geodiversidad, la designación de áreas protegidas, generalmente, se basa únicamente en su patrimonio biológico. Sin embargo, ambos elementos patrimoniales están relacionados (ver Matthews 2014). Así, la adecuada gestión de un área protegida requiere de la integración de ambos y de la comprensión de sus interrelaciones (Hjort et al. 2012). Por tanto, el objetivo de este trabajo es proporcionar un marco metodológico para realizar esta integración y su transposición a los documentos de planificación de las áreas protegidas.

Como caso de estudio se ha elegido una Reserva de Biosfera porque esta figura de protección presenta la vocación de ser un espacio donde desarrollar prácticas de gestión pioneras que posteriormente puedan ser reproducidas en otras áreas protegidas (UNESCO,1995). Concretamente, se ha elegido la RBU por dos motivos: 1. Posee un patrimonio geológico valioso que en el documento de planificación vigente no ha sido tomado en consideración; 2. Este documento de planificación se encuentra actualmente en proceso de revisión. Por lo tanto, se plantea que los resultados de este estudio sean incorporados en el nuevo documento.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La RBU se sitúa en la Cuenca Vasco-Cantábrica. Presenta materiales sedimentarios mayoritariamente y, en menor cantidad, volcánicos y subvolcánicos, con un rango de edad que abarca desde el Triásico hasta el Cuaternario. Se encuentra delimitada por la cuenca hidrográfica del río Oka de 220 km^2. Fue declarada en 1984 y en 1989, el Gobierno del País Vasco aprobó la Ley 5/1989 para la protección de sus principales valores naturales (el estuario, los ecosistemas costeros y el encinar), así como sus valores arqueológicos. Por otra parte, de acuerdo con el Marco estatutario de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera (UNESCO 1995), la RBU está clasificada en tres zonas con diferentes medidas de gestión (núcleo: 2.651 ha, tampón: 5.413 ha y transición: 14.093 ha). Además, el 28% de la RBU está incluida dentro de la red Natura 2000.

Identificación de las áreas valiosas en biodiversidad

La biodiversidad de la RBU fue analizada utilizando la metodología propuesta por Onaindia et al.

(2013). Así, en primer lugar se definieron 15 unidades ambientales partiendo de la cartografía existente EUNIS 1:10.000 del País Vasco (Geoeuskadi, 2015). Posteriormente, se calculó el valor de la biodiversidad para cada unidad ambiental integrando tres componentes: 1. La riqueza de especies vegetales; 2. El estado sucesional; 3. Si está legalmente protegida. Los valores obtenidos fueron clasificados en 3 clases (*Hotspot:* elevados valores de biodiversidad*, Range:* valores medios, y *No value*: valores bajos o nulos).

Identificación de las áreas geológicas valiosas

Se realizó el Inventario de 51 LIGs en la RBU siguiendo la metodología de Carcavilla 2007 e incorporando a ésta varias modificaciones metodológicas (Mendia et al. 2010, Mendia y Monge-Ganuzas 2011). Para este estudio los LIGs fueron reclasificados en cinco grupos: 1. Materiales geológicos (rocas y fósiles representativos de una edad o evento); 2. Estructuras tectónicas; 3. Sistemas kársticos; 4. Modelado litoral; 5. Recursos.

Análisis de la congruencia espacial entre áreas valiosas y las áreas legalmente protegidas

Se solaparon la cartografía de LIGs, la de áreas biológicamente valiosas y la de las áreas protegidas (red Natura 2000 y zonas: núcleo, tampón y transición) para observar su grado de solapamiento y las implicaciones en la gestión de las zonas solapadas encontradas. A continuación, se propuso una nueva cartografía del patrimonio natural integral, para que sea incluida en el nuevo documento de gestión. Para la identificación y el análisis se utilizó un Sistema de Información Geográfico (GIS).

RESULTADOS

Áreas valiosas en biodiversidad

El 12% de RBU se considera *Hotspot* (Figura 1). Los ecosistemas más representativos de esta clase son los bosques naturales (58%) aunque se incluyen también otros como los hábitats litorales. Sin embargo, existen bosquetes de bosques mixtos (robledales) (14%) que no se encuentran legalmente protegidos y, por tanto, se han clasificado junto con los prados (59%) dentro de la clase *Range* (33% de la RBU). Así, las áreas propuestas para ser incluidas dentro de la nueva cartografía del patrimonio natural integral (Figura 2) fueron las pertenecientes a la clase *Hotspot,* y los bosques mixtos (robledales) que pese a presentar elevada biodiversidad, quedaron englobados dentro de la clase *Range* por no cumplir con el criterio de estar amparados en una figura de protección.

Áreas geológicas valiosas

La mayoría de los LIGs se localizan en el litoral y en las zonas kársticas, debido a la existencia en estas zonas de afloramientos y de procesos geológicos activos. Éstos, ocupan casi la mitad de la RBU (49%) (Figura 1). El grupo más abundante lo constituye el grupo de materiales (rocas y fósiles), (20 LIG), seguido del grupo de modelado litoral y modelado kárstico (12 LIG respectivamente). Por otra parte, aunque el

63% de los LIGs poseen más de la mitad de su área dentro de la red Natura 2000, 19 se quedan fuera de ella, así como de la zona núcleo. Además, de ellos, 6 poseen un valor intrínseco y una vulnerabilidad elevada (valor intrínseco ≥ 2.5 y valor de vulnerabilidad ≥ 2.0).

Propuesta de una nueva cartografía del patrimonio natural integral

La nueva cartografía del patrimonio natural integral propuesta representa más de la mitad de la RBU (58%) (Figura 2). Un 40% del área que ocupa se solapa con la red Natura 2000, un 20% con la zona de núcleo y un 26% con la zona tampón. Además, un 19% de esta cartografía posee interés tanto por su patrimonio biológico como por su patrimonio geológico. Estás áreas corresponden a áreas de bosque mixto (robledal), de encinares cantábricos y de hábitats litorales. Aproximadamente el 16% posee interés sólo por su valor biológico y un 67% únicamente por su valor geológico. Estos últimos corresponden a los grupos de materiales, estructuras tectónicas y recursos.

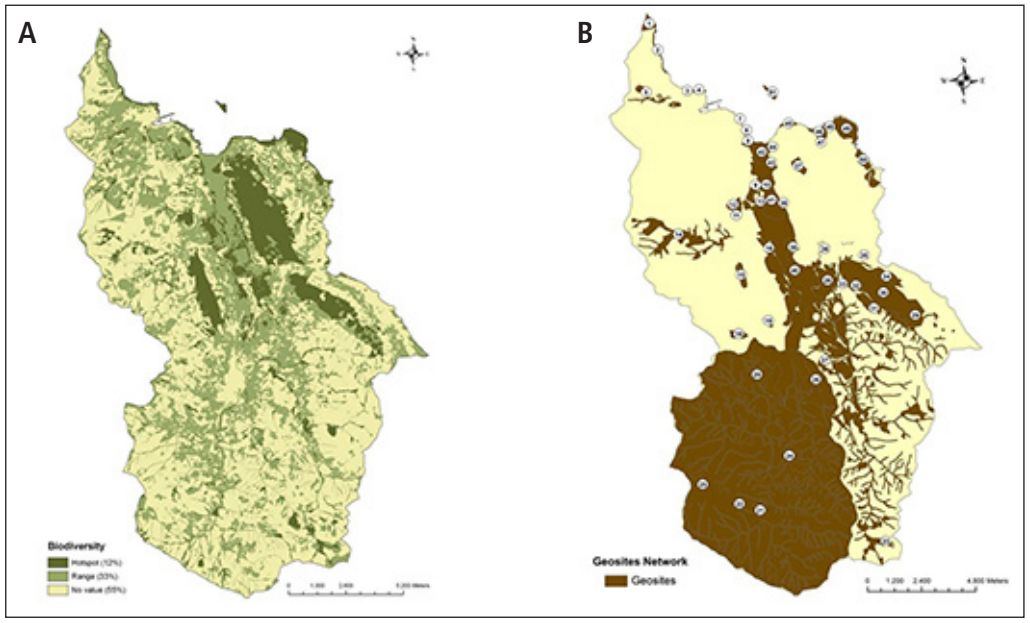

Figura 1. A: Delimitación de las áreas valiosas por su biodiversidad en la RBU; B: Localización de los LIGs de la RBU.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Casi la mitad del área de los LIGs no se solapa con la clase *Hotspot*, lo que significa que conservar únicamente esta última no es suficiente para conservar la totalidad del patrimonio natural de la RBU. Estos LIGs que no se solapan pertenecen a los grupos de materiales, estructuras tectónicas y recursos, los cuales no parecen mostrar una relación directa con la biodiversidad. Sin embargo, ilustran la importancia de los procesos geológicos en la historia de la Tierra y sobre el modelado del paisaje. De hecho, sin su toma en consideración la gestión de la biodiversidad no puede ser efectiva (Matthew 2014). Por tanto,

se puede afirmar que el patrimonio geológico al igual que el biológico debe ser tomado en cuenta en la gestión (Erikstad 2012). En el caso de las áreas valiosas por su biodiversidad, se ha observado que a pesar de su importancia, los bosques mixtos (robledales) se encuentran sin una figura de protección legal, por lo que se propone que sean incluidos dentro de una figura de protección a la par que los LIG. Con ello se pretende que la totalidad del patrimonio natural más relevante presente en la RBU sea gestionado adecuadamente. En muchos casos además, es necesario priorizar en la gestión, por lo que se propone que el grado de vulnerabilidad y el valor intrínseco asignado a cada LIG sean criterios a tener en cuenta.

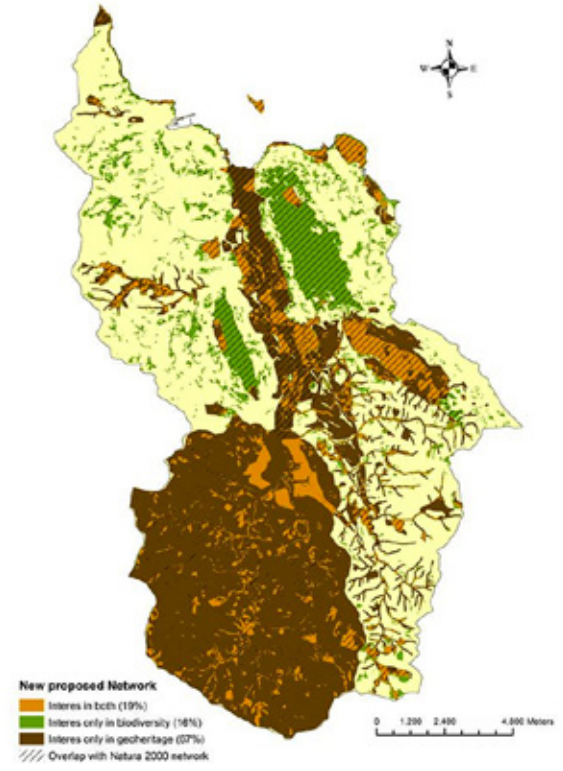

Figura 2. Red de diversidad natural propuesta para la RBU.

Además, existen áreas donde el valor biológico y geológico se solapan. Éstas corresponden a zonas donde los procesos geológicos están directamente relacionados con los biológicos: los sistemas kársticos (encinares cantábricos) y los litorales. Estos ecosistemas están declarados como Zonas de Especial Conservación (ZECs), por lo que se podría pensar que sus LIGs asociados ya están protegidos (Weighell 2004); sin embargo, esto no siempre es así. Por ejemplo, en la RBU la lumaquela de la playa de Ondartzape situada dentro de la Red Natura 2000 está amenazada por expolio, por lo que es considerada como muy vulnerable. Por tanto, se propone crear medidas de conservación específicas para cada LIG, tal y como se han propuesto en otras áreas (Gray 2008). El patrimonio geológico no es desconocido únicamente por los gestores sino por el público en general, por lo que se propone asimismo, utilizar el marco de los

servicios de los ecosistemas para difundir a la sociedad su valor y su vínculo con la biodiversidad, ya que estas áreas son asimismo recursos científicos, educativos, culturales, recreativos y económicos de primera magnitud.

Otro de los retos que se plantean es mejorar la integración de la biodiversidad y la geodiversidad en la política ambiental y mejorar su implementación para asegurar una gestión ambiental integral en las áreas protegidas (Gordon y Barron 2012). En este sentido, el marco metodológico que aquí se presenta puede ser una herramienta útil para implementar estos objetivos, ya que es rápida, útil y fácilmente reproducible por los gestores. De hecho, puede ser utilizada para identificar nuevas áreas prioritarias para la gestión ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Departamento de Medio Ambiente y Planificación Territorial del Gobierno Vasco.

REFERENCIAS

Carcavilla, L., Durán, J., García-Cortés, A., López-Martínez, J. (2009) Geological Heritage and Geoconservation in Spain: Past, Present, and Future. *Geoheritage* **1:** 75-91.

Dudley, N. (ed.) (2008) *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. Gland, Switzerland: IUCN, 86 p.

Erikstad, L. (2012) Geoheritage and geodiversity management – the questions for tomorrow. *Proceedings of the Geologists' Association*. http://dx.doi.org/10.1016/j.pgeola.2012.07.003

GeoEuskadi, Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Euskadi15/1/2015. http://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es/

Gordon, J.E. y Barron, H.F. (2012) Valuing Geodiversity and Geoconservation: Developing a More Strategic Ecosystem Approach. *Scottish Geographical Journal* **128:** 278-297.

Gray, J.M. (2008) Geodiversity: a new paradigm for valuing and conserving geoheritage. *Geoscience Canada* **35:** 51–59.

Hjort, J., Heikkinien, R.K., Luoto, M. (2012) Inclusion of explicit measures of geodiversity improves biodiversity models in a boreal landscape. *Biodiversity & Conservation* **21**: 3487-3506.

Matthews, T.J. (2014) Integrating Geoconservation and Biodiversity Conservation: Theoretical Foundations and Conservation Recommendations in a European Union Context. *Geoheritage **6**: 57-70.*

Mendia, M., Aranburu, A., Carracedo, M., González, M.J., Monge-Ganuzas, M., Pascual, A. (2010) *Lugares de Interés Geológico de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Gobierno Vasco.*

Mendia, M. y Monge-Ganuzas, M. (2011) Estrategia de Geodiversidad de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico de España. *Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (S.G.E.)*, Universidad de León, León, 196-200.

Onaindia, M., Fernández de Manuel, B., Madariaga, I., Rodríguez-Loinaz, G. (2013) Co-benefits and trade-offs between biodiversity, carbon storage and water flow regulation. *Forest Ecology and Management* **289:** 1-9.

UNESCO (1995) *The Statutory Framework of the World Network of Biosphere Reserves.* UNESCO, Paris.

Weighell, T. (2004) Geoconservation at a local, national and global scale: making the links paper presented at The International Conference on World Heritage-Earth Heritage, Dorset.

A. Hilario, M. Mendia, M. Monge-Ganuzas, E. Fernández, J. Vegas y A. Belmonte (eds.). Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos. Cuadernos del Museo Geominero, nº 18. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2015. ISBN 978-84-7840-962-4
© Instituto Geológico y Minero de España

EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO SOMETIDOS A MODIFICACIONES ANTRÓPICAS

EVOLUTION OF THE CONSERVATION STATUS OF GEOSITES UNDER ANTHROPOGENIC MODIFICATIONS

J. Vegas[1], P. Mata[2], J. Sánchez España[3], M. Morellón[4], A. Salazar[5], J.A. Rodríguez[6], B. Valero-Garcés[7] y L. Carcavilla[1]

[1] Área de patrimonio geológico y minero. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003. Madrid. j.vegas@igme.es, l.carcavilla@igme.es

[2] Área de recursos y geología marina. Instituto Geológico y Minero de España. La Calera 1, 28760. Tres Cantos (Madrid). p.mata@igme.es

[3] Área de aguas minerales y de drenaje de mina. Instituto Geológico y Minero de España. La Calera 1, 28760. Tres Cantos (Madrid). j.sanchez@igme.es

[4] Dpto. Geología Sedimentaria y Cambio Medioambiental. Instituto de Geociencias IGEO-CSIC-UCM, 28040. Madrid. mario.morellon@igeo.ucm-csic.es

[5] Área de Cartografía Geológica. Instituto Geológico y Minero de España. La Calera 1, 28760. Tres Cantos (Madrid). a.salazar@igme.es

[6] Área de sistemas de información geocientífica y bases de datos institucionales. Instituto Geológico y Minero de España. La Calera 1, 28760. Tres Cantos (Madrid). ja.rodriguez@igme.es

[7] Instituto Pirenaico de Ecología. CSIC. Avda. Montañana, 1005. 50059. Zaragoza. blas@ipe.csic.es

Resumen: Se ha estimado la evolución del estado de conservación de varios lugares de interés geológico (LIG): Lagos de Covadonga y Vega de Comeya (Parque Nacional Picos de Europa); Circo o Plana de Marboré (Parque Nacional Ordesa y Monte Perdido) y Lagos glaciares del Pleistoceno de Somiedo (Parque Natural de Somiedo). Todos ellos tienen características similares que nos han permitido establecer una metodología de análisis común: a) son lagos de origen glaciar, cuyo interés principal es de tipo geomorfológico; b) han tenido un impacto antrópico directo y c) actualmente se incluyen en espacios naturales protegidos (parques nacionales y parque natural). Para cuantificar la evolución y el seguimiento del estado de conservación de este patrimonio geológico se ha diseñado un sistema de indicadores para monitorizar los cambios experimentados en la actualidad y, sobre todo, la estimación del estado de conservación en el pasado a partir de los datos históricos y del estudio de sondeos realizados en su registro sedimentario. La evaluación y el seguimiento multidisciplinar de estos indicadores físico-químicos y paleolimnológicos aportarán criterios científicos que permitirán estimar su estado de conservación en el pasado y presente y tomar medidas para su preservación en el futuro.

Palabras clave: Estado de conservación, espacios naturales protegidos, geoindicadores, lagos, patrimonio geológico.

Abstract: *The evolution of the conservation status of several geosites has been estimated: Covadonga Lakes and Comeya Hollow (Picos de Europa National Park); Cirque of Marboré (Ordesa y Monte Perdido*