

**ENCOMIENDA DE GESTIÓN DE TRABAJOS  
EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL Y  
DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO SOSTENIBLE**

# **Guía metodológica para la integración del Patrimonio Geológico en la Evaluación de Impacto Ambiental**



**GOBIERNO  
DE ESPAÑA**

**MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD**

**MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE**



**Instituto Geológico  
y Minero de España**

**DIRECCIÓN GENERAL  
DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL  
Y MEDIO NATURAL**

GUÍA metodológica para la integración del Patrimonio Geológico en la evaluación del impacto ambiental / Juana Vegas Salamanca...et al, aut.- Madrid: Instituto Geológico y Minero de España; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012

80 pgs.; ils; 27cm.

ISBN 978-84-7840-912-9

Bibliografía. Anexos; Trabajo realizado por el IGME para la Encomienda de gestión de trabajos en materia de impacto ambiental y de producción y consumo sostenible.

1. Geología medio ambiente. 2. Patrimonio geológico. 3. LIG Lugar interés geológico. 4. Estudio impacto medio. 5. Protección medio ambiente. 6. Metodología. 7. Libro guía. I. Instituto Geológico y Minero de España, ed. II. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, ed. III. Vegas Salamanca, J., aut.

504

Este documento recoge trabajos realizados en el “Acuerdo entre la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y el Instituto Geológico y Minero de España para la Encomienda de Gestión de trabajos en materia de impacto ambiental y de producción y consumo sostenible” de 30 de julio de 2009, modificado el 28 de octubre de 2011. Ha sido realizado para la Actividad de Evaluación de Impacto Ambiental, tarea A4-T5, y redactada por los siguientes autores:

Juana Vegas Salamanca  
Esther Alberruche del Campo  
Luis Carcavilla Urquí  
Enrique Díaz Martínez  
Ángel García Cortés  
Alfredo García de Domingo  
Diana Ponce de León Gil

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

© Instituto Geológico y Minero de España

NIPO: 728-13-022-5

ISBN 978-84-7840-912-9

D.L. M-25973-2013

# Guía metodológica para la integración del Patrimonio Geológico en la Evaluación de Impacto Ambiental

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

2012



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO LEGAL.....	1
1.1. Justificación y objetivos.....	1
1.2. La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y su procedimiento administrativo.....	2
1.3. Marco legal de protección del patrimonio geológico.....	3
1.3.1. Legislación estatal relativa a la conservación del patrimonio natural.....	3
1.3.2. Legislación autonómica relativa a la conservación del patrimonio natural...	4
1.4. Marco legal de protección del patrimonio geológico de interés paleontológico.....	5
1.4.1. Legislación estatal relativa al patrimonio histórico y cultural.....	5
1.4.2. Legislación autonómica relativa al patrimonio histórico y cultural.....	6
1.5. Figuras legales de protección.....	7
1.5.1. Figuras de protección del patrimonio natural.....	7
1.5.2. Figuras de protección del patrimonio histórico y cultural.....	9
2. CONCEPTOS GENERALES SOBRE PATRIMONIO GEOLÓGICO.....	12
2.1. Definiciones.....	12
2.2. Tipologías de interés.....	13
2.2.1. Patrimonio geológico de interés estratigráfico.....	14
2.2.2. Patrimonio geológico de interés geomorfológico.....	17
2.2.3. Patrimonio geológico de interés paleontológico.....	20
2.2.4. Patrimonio geológico de interés tectónico.....	21
2.2.5. Patrimonio geológico de interés petrológico-geoquímico.....	23
2.2.6. Patrimonio geológico de interés mineralógico-metalogenético.....	25
2.2.7. Patrimonio geológico de interés hidrogeológico.....	27
2.2.8. Otras tipologías de interés.....	28
2.2.9. Patrimonio minero.....	29
2.3. El medio geológico como fuente de recursos y soporte de actividades y de la biodiversidad.....	29
2.3.1. Relación entre geodiversidad y biodiversidad.....	29
3. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO.....	31
3.1. Sistemas y criterios de valoración de lugares de interés geológico (LIG).....	31
3.2. Valoración del interés, identificación y delimitación definitiva de los LIG.....	33
3.3. Valoración de la necesidad de protección de los LIG.....	33
4. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL PATRIMONIO GEOLÓGICO.....	34
4.1. Actividades del proyecto y sus efectos sobre el patrimonio geológico.....	34
4.2. Impactos según tipologías de interés geológico.....	36
4.2.1. Lugares de interés estratigráfico.....	36
4.2.1.1. Secciones de referencia y estratotipos.....	36
4.2.1.2. Estructuras y registros sedimentarios.....	36
4.2.2. Lugares de interés geomorfológico.....	37
4.2.3. Lugares de interés paleontológico.....	37
4.2.4. Lugares de interés tectónico.....	37
4.2.5. Lugares de interés petrológico-geoquímico.....	38
4.2.6. Lugares de interés mineralógico-metalogenético.....	38

4.2.6.1. Lugares de interés metalogenético.....	38
4.2.6.2. Lugares de interés mineralógico.....	39
4.2.7. Lugares de interés hidrogeológico.....	39
5. METODOLOGÍA PROPUESTA.....	40
5.1. La Evaluación de Impacto Ambiental y el patrimonio geológico.....	40
5.2. Antecedentes.....	44
5.3. Primera fase: estudio del ámbito territorial de afección del proyecto.....	44
5.3.1. Recopilación bibliográfica y documental.....	44
5.4. Segunda fase: estudio del patrimonio geológico.....	45
5.4.1. Identificación de los LIG.....	45
5.4.2. Valoración del interés de los LIG identificados.....	46
5.4.3. Cartografía y delimitación de los LIG.....	48
5.4.4. Fichas descriptivas.....	49
5.5. Tercera fase: evaluación del impacto ambiental.....	49
5.5.1. Vulnerabilidad de los LIG.....	50
5.5.2. Identificación y caracterización de los efectos del proyecto sobre los LIG..	50
5.5.3. Estimación del cambio de valor de los LIG.....	54
5.6. Valoración del impacto.....	55
5.7. Medidas preventivas, protectoras y correctoras.....	56
5.8. Medidas compensatorias.....	57
5.8.1. Lugares de interés estratigráfico.....	58
5.8.2. Lugares de interés geomorfológico.....	58
5.8.3. Lugares de interés paleontológico.....	58
5.8.4. Lugares de interés tectónico.....	58
5.8.5. Lugares de interés petrológico-geoquímico.....	59
5.8.6. Lugares de interés mineralógico-metalogenético.....	59
5.8.7. Lugares de interés hidrogeológico.....	59
5.9. Impacto final.....	59
5.10. Programa de vigilancia ambiental.....	60
6. BIBLIOGRAFÍA.....	61
APÉNDICES	
I. Equipos de trabajo requeridos. Panel de expertos.....	64
II. Fuentes de información.....	65
III. Inventarios disponibles de LIG.....	67
IV. Modelo de cuestionario preliminar.....	69
V. Modelo de ficha descriptiva.....	74
VI. Guía rápida de evaluación del impacto ambiental sobre el patrimonio geológico.....	78

# 1. INTRODUCCIÓN Y MARCO LEGAL

## 1.1. Justificación y objetivos

La realización de la presente guía se engloba en el marco del Acuerdo entre la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCEA) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), para la Encomienda de Gestión de Trabajos en Materia de Impacto Ambiental y de Producción y Consumo Sostenible.

La propuesta surge tras observar en diferentes expedientes la carencia reiterada de una descripción de los impactos que, en el ámbito de la Gea, podrían producirse sobre el patrimonio geológico de las zonas afectadas. Las modificaciones efectuadas por la ejecución de proyectos, algunos de ellos sometidos por el Real Decreto Legislativo (RDL) 1/2008 sobre Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) a dicho procedimiento, podrían provocar la destrucción total o parcial de aquellos rasgos geológicos que caracterizan este patrimonio, entendiendo como tal el “conjunto de recursos naturales geológicos con valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida” (Ley 42/2007). La Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y la Biodiversidad obliga además a las Administraciones Públicas a la conservación de la geodiversidad y los recursos naturales (entre ellos el patrimonio geológico) (Art. 5.2.f).

Por esta razón se ha elaborado esta guía metodológica para facilitar la integración del patrimonio geológico en el procedimiento general de la EIA derivado de la ejecución de proyectos. El desarrollo de esta guía, valorando los efectos directos o indirectos sobre el patrimonio geológico, no debe considerarse como un requerimiento adicional a lo ya exigido en el RDL 1/2008, ya que, en los Art.1.3 y 7.1.c. del citado Reglamento, se establece que la EIA identificará, describirá y evaluará, en cada caso particular, los efectos de un proyecto sobre elementos del medio, entre los que se puede incluir el patrimonio geológico, aunque éste no sea mencionado de forma expresa. Asimismo, en el Art. 7.1.a. se especifica que la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) contendrá la descripción del proyecto y exigencias previsibles en relación con la utilización del suelo y de otros recursos naturales, entre los que cabe incluir, de acuerdo con la Ley 42/2007, el patrimonio geológico. Por tanto, el objetivo de la guía propuesta es contribuir a mejorar la puesta en valor y la protección de este patrimonio en la planificación de cualquier proyecto sometido por ley a EIA.

Por otra parte, las metodologías desarrolladas para la EIA no han contemplado satisfactoriamente en su análisis la inclusión de los lugares de interés geológico (LIG). Las causas más significativas han sido:

- El estudio del patrimonio geológico es una disciplina emergente, que se desarrolla en España desde la década de los 70 del siglo XX, pero que no ha alcanzado un auge notable hasta comienzos del siglo XXI.
- El patrimonio geológico y la geodiversidad no han estado contemplados en ninguna legislación medioambiental nacional hasta el año 2007 (Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad). Esto implica que no hay un inventario unificado a nivel nacional ni autonómico. En aquellas comunidades autónomas (CCAA) en que existe un inventario (como p.e. Cataluña, Andalucía, La Rioja, País Vasco o Murcia), no se han realizado con los mismos objetivos ni con la misma metodología.
- Las metodologías empleadas en los inventarios han sido muy diversas y hasta 2009 no había un consenso científico-técnico para su aplicación.

- La mayoría de los datos cartográficos de LIG suelen ser de carácter puntual, sin una delimitación de su extensión o superficie ocupada lo que limita su uso por otros especialistas y, por esta razón, resulta difícil incluirlos en la gestión territorial y en las EIA.

En esta guía se identifican los impactos más frecuentes que afectarían potencialmente al patrimonio geológico de acuerdo a diversas actividades. Sin embargo, como ya se ha referido en los trabajos publicados sobre EIA, la clave está en seleccionar adecuadamente por parte del técnico los métodos más apropiados para las necesidades específicas de cada estudio de impacto ambiental. Para ello, en este trabajo se ofrece una visión general para conocer las particularidades del patrimonio geológico en España y su metodología de estudio, pero sobre todo, se propone una metodología sencilla de aplicación en las EIA que afectan a los LIG. Este procedimiento se verá facilitado una vez se desarrolle y se vaya completando y actualizando el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico, previsto en la mencionada Ley 42/2007 y en el RD 556/2011, como un componente fundamental del Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

## 1.2. La Evaluación de Impacto Ambiental y su procedimiento administrativo

El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental se regula mediante el RDL 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, y la Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del anterior real decreto legislativo. De acuerdo con el RDL 1/2008, *“la EIA identificará, describirá y evaluará de forma apropiada, en función de cada caso particular y de conformidad con esta ley, los efectos directos e indirectos de un proyecto sobre los siguientes factores: a) El ser humano, la fauna y la flora; b) El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje; c) Los bienes materiales y el patrimonio cultural; d) La interacción entre los factores mencionados anteriormente”* (Art. 1.3).

De acuerdo con la Ley 6/2010, este procedimiento de evaluación comprende las siguientes actuaciones: *“a) Solicitud por el promotor ante el órgano sustantivo de sometimiento del proyecto a evaluación de impacto ambiental, acompañada del documento inicial del proyecto; b) Determinación del alcance del estudio de impacto ambiental por el órgano ambiental, previa consulta a las administraciones públicas afectadas y, en su caso, a las personas interesadas; c) Elaboración del estudio de impacto ambiental por el promotor del proyecto; d) Evacuación del trámite de información pública y de consultas a las Administraciones públicas afectadas y a personas interesadas, por el órgano sustantivo; e) Declaración de impacto ambiental emitida por el órgano ambiental, que se hará pública y finalizará la evaluación”* (modificación del Art. 5 del RDL 1/2008).

La Guía metodológica para la integración del Patrimonio Geológico en la EIA pretende servir de orientación al *promotor* a lo largo de estas actuaciones, mediante la identificación de elementos geológicos con valor patrimonial, inventariados o no, que pudieran ser afectados por el proyecto (fase a), ofrecer una metodología de valoración de impactos sobre dicho patrimonio, así como orientar la propuesta de medidas preventivas y correctoras o compensatorias, y puntos a tener en cuenta en el plan de vigilancia, de tal forma, que se garantice su conservación (fase c).

La Guía también pretende ser útil para el órgano ambiental en la valoración del documento inicial (fase a), en la determinación del alcance del estudio de impacto ambiental, orientando el tipo de estudios y análisis a realizar (fase b), así como en la etapa de emisión de la declaración de impacto ambiental, ayudando a valorar toda la documentación aportada en lo que a patrimonio geológico respecta (fase e).

Las *administraciones públicas afectadas, instituciones, organizaciones y/o personas interesadas* también podrán encontrar en la Guía una herramienta útil que les permita valorar la información, así como realizar aportaciones en torno al patrimonio geológico (fases b y d).

Por otro lado, el RDL 1/2008 regula el ámbito de aplicación de la ley (Art. 3), especificando los proyectos que deberán someterse a una EIA, así como aquellos que lo harán cuando así lo decida el órgano ambiental. En este último caso, la solicitud para la determinación de sometimiento o no a la EIA, irá acompañada de un documento ambiental del proyecto. Este documento deberá contener un análisis de impactos potenciales en el medio ambiente, las medidas preventivas, correctoras o compensatorias para la adecuada protección del mismo, y la forma de realizar el seguimiento que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras (Art. 16.1 modificado por la Ley 6/2010). En este sentido, las directrices propuestas en la Guía no solo facilitarán la identificación e inclusión del patrimonio geológico, desde una etapa temprana del procedimiento, sino que además, proporcionarán al órgano ambiental criterios valiosos para la toma de decisiones respecto a la exigencia o no de sometimiento a EIA del proyecto, en lo que a patrimonio geológico se refiere.

### 1.3. Marco legal de protección del patrimonio geológico

El marco legal de protección del patrimonio geológico está fundamentalmente constituido por la legislación relativa al patrimonio natural así como por la relativa al patrimonio histórico y cultural. No obstante, también la legislación del suelo (Real Decreto Legislativo 2/2008 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Suelo y la correspondiente legislación autonómica) puede ser también un instrumento adecuado para la protección del patrimonio geológico, a través de la asignación de regímenes especiales de protección urbanística a determinadas áreas. En este caso, la casuística puede ser muy variada, en función de lo establecido en los distintos planes urbanísticos de los municipios españoles, por lo que a efectos de esta guía no serán objeto de desarrollo.

#### *1.3.1. Legislación estatal relativa a la conservación del patrimonio natural*

El marco legislativo español es uno de los que ofrece mayores posibilidades para la protección del patrimonio geológico en el ámbito europeo, fundamentalmente mediante la Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que considera la conservación de la geodiversidad uno de sus principios inspiradores y articula diversos mecanismos para afrontar la geoconservación. Con respecto a normativas anteriores y en relación a la geoconservación, la Ley 42/2007 incorpora como principales novedades: 1) referencias expresas al patrimonio geológico y a la geodiversidad en ámbitos donde antes no estaban considerados; 2) un avance concreto en el inventario y conservación del patrimonio geológico y la geodiversidad; y 3) la definición de figuras de protección específicas para el patrimonio geológico.

La Ley 42/2007 contempla la elaboración de un Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Título I, Capítulo I), que es desarrollado y regulado por el Real Decreto 556/2011. Dicho inventario es concebido como un instrumento de conocimiento y planificación; constituye, de acuerdo con la Ley (Art. 5.2.e), una herramienta que permite conocer el estado de conservación del patrimonio natural y de la biodiversidad y las causas que determinan sus cambios, con el objeto de: 1) diseñar políticas y acciones en materia de conservación, gestión y uso sostenible; y 2) difundir los valores de dicho patrimonio a la sociedad en su conjunto, principalmente. Este inventario es elaborado y actualizado por el órgano competente de la Administración central, actualmente Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, con la participación de las comunidades autónomas y la colaboración de instituciones y organizaciones de carácter científico. Forma parte del mismo, el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG), integrado por aquellos "lugares de interés, por su carácter único o representativo, para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos españoles, incluyendo los procesos que los han modelado, los climas del pasado y su evolución paleobiológica: Macizo Ibérico, Cordillera Pirenaica

y Cuenca Vasco-Cantábrica, Cordillera Bética y Baleares, Cordilleras Ibérica y Costero-Catalana, Cuencas cenozoicas, Canarias y el vulcanismo cenozoico peninsular” (RD 556/2011. Anexo I. 5.d). Estos grandes dominios engloban las formaciones y contextos geológicos del anexo VIII de la Ley 42/2007.

Asimismo, la Ley 45/2007 para el desarrollo sostenible del medio rural propone potenciar de manera explícita el turismo geológico y minero (Art. 22.f), aprovechar los recursos geológicos para promover el desarrollo sostenible en el medio rural, dando prioridad a la conservación del medio ambiente, el paisaje y el patrimonio natural y cultural (Art. 20.g), y fomentar iniciativas para el conocimiento, protección y uso sostenible del patrimonio geológico y minero como recurso científico, cultural y turístico (Art. 19.1).

Por otro lado, la Ley de la Red de Parques Nacionales (5/2007) incluye en sus anexos un listado de sistemas naturales geológicos que deben estar representados en la Red de Parques Nacionales.

### 1.3.2. Legislación autonómica relativa a la conservación del patrimonio natural

La gestión del medio ambiente es una competencia transferida a las CCAA, por lo que, además de la normativa de ámbito nacional, existen otras de carácter autonómico.

En las CCAA las leyes vigentes que hacen referencia al patrimonio natural son de tres tipos: 1) leyes de espacios naturales protegidos (ENP); 2) leyes de conservación de la naturaleza; y 3) leyes de ordenación del territorio. En todas ellas, se definen los mecanismos de protección y conservación, generalmente basados en la protección de usos del suelo mediante la declaración de áreas protegidas. Existen 16 leyes de este tipo, de manera que prácticamente todas las comunidades autónomas han legislado la protección del medio natural. Sin embargo, todas estas leyes son desarrollos de la ya derogada Ley 4/89 de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, por lo que no incorporan referencias expresas al patrimonio geológico, ya que su incorporación ha sido una aportación posterior de la Ley 42/2007 (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Legislación autonómica referida al patrimonio natural.

TIPO DE LEY REFERIDA AL PATRIMONIO NATURAL			
Comunidad Autónoma	Ley de ENP	Ley de Conservación de la Naturaleza y de ENPs	Comunidades que se rigen por la Ley 4/1989(*)
Andalucía	Ley 2/1989, de 18 de julio		
Aragón	Ley 6/1998, de 19 de mayo		
Principado de Asturias	Ley 5/1991, de 5 de abril		
Islas Baleares	Ley 1/1991 de 30 de enero		
Islas Canarias	Ley 12/1994, de 19 de diciembre		
Cantabria		Ley 4/2006, de 19 de mayo	
Castilla-La Mancha		Ley 9/1999, 26 de mayo	
Castilla y León	Ley 8/1991, de 10 de mayo		
Cataluña	Ley 12/1985, de 13 de junio		
Extremadura		Ley 8/1998, de 26 de junio	
Galicia		Ley 9/2001, de 21 de agosto	
La Rioja		Ley 4/2003, de 26 de marzo	
Comunidad de Madrid			SI
Región de Murcia			y por la Ley 4/92 de Ordenación y Protección del Territorio
Comunidad Foral de Navarra	Ley Foral 9/1996, de 17 de junio		
País Vasco		Ley 16/1994, de 30 de junio	
Comunidad Valenciana	Ley 11/1994, de 27 de diciembre		

En enero de 2012, sólo dos CCAA habían iniciado oficialmente el trámite de someter a información pública los borradores de leyes y/o decretos que desarrollarán en el ámbito autonómico la Ley 42/2007. Por un lado, Castilla y León que sometió a información pública el borrador de la Ley de Patrimonio Natural y de Pesca de Castilla y León en diciembre de 2010. Por otro lado, Aragón hizo

lo propio en enero de 2011 con el borrador de Decreto del Gobierno de Aragón, por el que se crea el Inventario de LIG de Aragón y se establece su régimen de protección.

#### 1.4. Marco legal de protección del patrimonio geológico de interés paleontológico

##### *1.4.1. Legislación estatal relativa al patrimonio histórico y cultural*

La protección legal del patrimonio geológico de interés paleontológico constituye un caso especial. Aunque la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad contempla expresamente el patrimonio paleontológico en la figura de espacio natural protegido "Monumento Natural", lo cierto es que su protección se inscribe principalmente dentro del marco normativo relativo al patrimonio histórico-artístico y cultural, estatal y autonómico.

La Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (LPHE) considera de forma general los inmuebles y objetos muebles de interés paleontológico como parte integrante del mismo, lo que abarcaría el registro fósil en su totalidad (Art. 1.2). Sin embargo, dicha normativa en artículos posteriores vincula el patrimonio paleontológico al arqueológico, y lo circunscribe a los elementos geológicos y paleontológicos relacionados con la historia del hombre y sus orígenes y antecedentes (Art. 40.1); esta especificación excluiría, por lo tanto, a todos aquellos yacimientos que no tuvieran una relación directa con la evolución humana (Carcavilla *et al.*, 2007). Esta contradicción, en cuanto a la extensión de la protección del registro fósil, ha sido asumida por posteriores desarrollos legislativos autonómicos en materia de protección del patrimonio histórico y cultural, aunque en algunos casos se ha intentado resolver mediante la definición y creación de figuras de protección específicas para aquel patrimonio paleontológico no vinculado directamente a la evolución del hombre y/o restos arqueológicos.

Por imposición de la LPHE los bienes más relevantes del Patrimonio Histórico Español, incluido el paleontológico, deberán ser inventariados o declarados de interés cultural (Art. 1.3). En cuanto al régimen general de protección derivado de dicha normativa se puede distinguir, en función de la singularidad y relevancia del bien cultural, tres niveles: 1) una máxima protección legal para los bienes muebles e inmuebles declarados bien de interés cultural (BIC) e inscritos en el *Registro General de Bienes de Interés Cultural* (Capítulo II del R.D. 111/1986); 2) un grado intermedio de protección para los bienes incluidos en el *Inventario General de Bienes Muebles* (Art. 26 LPHE y Capítulo III del R.D. 111/1986); y 3) una protección mínima y genérica sobre la totalidad de bienes que en virtud de dicha ley se consideren integrantes del Patrimonio Histórico Español (Preámbulo LPHE). Desde el punto de vista de la evaluación del impacto ambiental de proyectos interesa muy especialmente la protección que esta normativa sectorial (estatal y autonómica) establece para el patrimonio paleontológico inmueble, esto es, los yacimientos y secciones fosilíferas *in situ* que pudieran verse afectados, así como las medidas legales de aplicación; de acuerdo con dicha ley el patrimonio inmueble de interés paleontológico que haya sido declarado BIC es inseparable de su entorno y no se podrá proceder a su desplazamiento o remoción, salvo que resulte imprescindible por causa de fuerza mayor o de interés social (Art. 18). Asimismo, tendrá la consideración de BIC el patrimonio paleontológico mueble contenido en un yacimiento que haya sido objeto de dicha declaración, y siempre que se reconozca en la misma como parte esencial de su historia (Art. 28). Por último, no hay que olvidar el carácter de dominio público que otorga esta norma legislativa a los restos geológicos y paleontológicos, con méritos para su inclusión en el Patrimonio Histórico Español, que puedan ser descubiertos como consecuencia de excavaciones, remociones de tierra u obras de cualquier índole o por azar (Art. 44.1).

### 1.4.2. Legislación autonómica relativa al patrimonio histórico y cultural

Al igual que en el caso de la legislación relativa al patrimonio natural, la protección y gestión del patrimonio histórico es competencia fundamentalmente de las CCAA, tal y como establece la Constitución Española de 1978 (Art. 148.1.16º) y la sentencia del Tribunal Constitucional 17/1991 (RTC 1991/17). Las CCAA, teniendo como punto de partida la LPHE, han desarrollado sus propias normas legislativas con el objetivo de garantizar la conservación de su patrimonio cultural. En todas ellas, y al igual que en la normativa estatal, el patrimonio geológico de interés paleontológico es considerado *expresamente* parte integrante del Patrimonio Histórico y/o Cultural de cada una de las autonomías, salvo en las correspondientes leyes de la Comunidad Foral de Navarra y País Vasco en las que, de forma explícita, solo es mencionado como elemento integrante del patrimonio arqueológico. En la tabla 1.2 se enuncian las leyes y decretos autonómicos de aplicación en la conservación de los restos paleontológicos, desde la protección patrimonial histórico-artística y cultural.

Tabla 1.2. Legislación autonómica referida al patrimonio histórico y cultural de aplicación al patrimonio geológico de interés paleontológico.

Comunidad Autónoma	Ley	Decreto
Andalucía	Ley 14/2007, de 26 de noviembre	168/2003, de 17 de junio
Aragón	Ley 3/1999, de 10 de marzo Ley 12/1997, de 3 de diciembre	6/1990, de 23 de enero 223/1998, de 23 de diciembre 134/2005, de 5 de julio 227/2010, de 14 de diciembre 228/2010, de 14 de diciembre
Principado de Asturias	Ley 1/2001, de 6 de marzo Ley 1/2011, de 11 de marzo	126/2001, de 18 de octubre 18/2002, de 8 de febrero
Islas Canarias	Ley 4/1999, de 15 de marzo	262/2003, de 23 septiembre 111/2004, de 29 de julio
Cantabria	Ley 11/1998, de 13 de octubre	22/2001, de 12 marzo 36/2001, de 2 de mayo 144/2002, de 19 de diciembre
Castilla y León	Ley 12/2002, de 11 de julio	176/1996, de 4 de julio 98/1998, de 21 de mayo 37/2007, de 19 de abril
Castilla-La Mancha	Ley 4/1990, de 30 de mayo Ley 4/2001, de 10 de mayo Ley 9/2007, de 29 de marzo	165/1992, de 1 de diciembre 27/2007, de 3 de abril
Cataluña	Ley 9/1993, de 30 septiembre	78/2002, de 5 de marzo 328/2011, de 26 de abril
Comunidad Foral de Navarra	Ley 14/2005, de 22 de noviembre	D. Foral 217/1986, de 3 de octubre D. Foral 218/1986, de 3 de octubre
Extremadura	Ley 2/1999, de 29 de marzo Ley 3/2011, de 17 de febrero	37/1997, de 18 de marzo. 93/1997, de 1 de julio 127/2001, de 25 de julio
Galicia	Ley 8/1995, de 30 de octubre	199/1997, de 10 de julio
Islas Baleares	Ley 12/1998, de 21 de diciembre	144/2000, de 27 de octubre 60/2001, de 20 de abril 58/2004, de 25 de junio
La Rioja	Ley 7/2004, de 18 de octubre	
Comunidad de Madrid	Ley 10/1998, de 9 de julio	51/2003, de 10 de abril 52/2003, de 10 de abril 121/2005, de 17 de noviembre 84/2005, de 15 de setiembre
Región de Murcia	Ley 4/1990, de 11 abril Ley 4/2007, de 16 de marzo	180/1987, de 26 de noviembre 129/2000, de 1 de diciembre
País Vasco	Ley 7/1990, de 3 de julio	234/1996, de 8 de octubre 204/1998, de 28 de julio 341/1999, de 5 de octubre 342/1999, de 5 de octubre 27/2008, de 5 de febrero

Comunidad Autónoma	Ley	Decreto
Comunidad Valenciana	Ley 4/1998, de 11 de junio Ley 7/2004, de 19 de octubre	208/2010, de 10 de diciembre

## 1.5. Figuras legales de protección

### *1.5.1. Figuras de protección del patrimonio natural*

La conservación del patrimonio natural se afronta, generalmente, mediante la declaración de áreas protegidas en las que se regulan los usos de manera que sean compatibles con el objetivo prioritario de preservación. Existe una amplia trayectoria al respecto desde la declaración de los primeros parques nacionales en Estados Unidos a finales del siglo XIX, existiendo a día de hoy casi 50.000 áreas protegidas en todo el mundo. La declaración de estos espacios requiere la existencia de una legislación específica que desarrolle las modalidades y categorías de protección. A este respecto casi todos los países utilizan sistemas similares, ya que la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (UICN) desarrolla estos aspectos y trabaja para su implantación a nivel mundial.

La Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad clasifica los espacios naturales protegidos en las siguientes categorías:

- a) Parques
- b) Reservas Naturales
- c) Áreas Marinas Protegidas
- d) Monumentos Naturales
- e) Paisajes Protegidos

Tanto en las definiciones de los parques, áreas marinas protegidas como de monumentos naturales se hace referencia expresa a que sirven para proteger elementos geológicos singulares. También podría darse el caso de amparar la protección de rasgos geológicos en las otras dos figuras, en el caso de las reservas naturales si están ligados o como parte de ecosistemas, comunidades o elementos biológicos; y en el caso de los paisajes protegidos si son componentes del territorio que por sus valores naturales, estéticos y culturales, y de acuerdo con el Convenio del Paisaje del Consejo de Europa se consideren merecedores de una protección especial.

Las comunidades autónomas han creado más de 50 figuras de protección (Tabla 1.3) basándose en las definidas en la Ley 4/89; son las mismas que las expuestas anteriormente con excepción de las Áreas Marinas Protegidas, que suponen una novedad incorporada por la Ley 42/2007. No todas estas figuras dan cobertura a la protección del patrimonio geológico, ya que algunas son específicas de aspectos bióticos. Por otro lado, muchas de las figuras no mencionan entre los valores a incluir los geológicos, pero sí aspectos del medio natural más genéricos entre los cuales se podría incluir el patrimonio geológico.

**Tabla 1.3. El patrimonio geológico y las figuras de protección de espacios naturales en España.**

Comunidades Autónomas: AN: Andalucía, AR: Aragón, AST: Principado de Asturias, CAT: Cataluña, CAN: Islas Canarias, CANT: Cantabria, CL: Castilla y León, CLM: Castilla-La Mancha, EXT: Extremadura, GAL: Galicia, LR: La Rioja, MA: Comunidad de Madrid, MU: Región de Murcia, NA: Comunidad Foral de Navarra, PV: País Vasco, VAL: Comunidad Valenciana.

Nombre de la figura de protección	Menciona expresamente la geología	No la menciona pero podría incluirse al referirse al patrimonio natural de manera genérica	Ajena en su valoración a la geología	Ejemplos de LIG que se ajusten a esa figura y estén declarados
Árbol singular			X	-
Área natural de especial interés	X			Embalse de Leurtza (NA)
Área natural recreativa		X		Embalse de Leurtza (NA)
Área de interés singular	X			Laguna de Hervías (LR)
Biotopo protegido (término genérico utilizado en el País Vasco que incluye a otras categorías de esta tabla)		X		Litoral Deba-Zumaya (PV)
Enclave natural		X		Laguna de Dos Reinos (NA), Badina Escudera (NA), Foz Ugarrón (NA)
Espacio natural de interés local		X		Islas de San Pedro (GAL)
Espacio natural en régimen de protección general (no aparece definición en la correspondiente Ley autonómica como ENP)		X		Ancares (GAL)
Espacio natural protegido		X		Cañón de Almadenes (MU), La Muela-Cabo-Tiñoso (MU)
Espacio privado de interés natural		X		-
Humedal protegido	Menciona elementos geológicos como marismas, turberas, lagunas o litoral	X		Complejo das praias, lagoa e duna de Corrubedo (GA), Ria de Ortigueira e Ladrado (GA)
Lugar de interés científico		X		Volcán de El Gasco (EXT)
Microrreserva		X (no en VAL, sí en CLM)		Cerros volcánicos de La Miñosa (CLM), Estrecho del Hocino (CLM), Laguna de Talayuelas (CLM)
Monumento natural	X			Torcas de Palancares y Tierra Muerta (CLM), Glaciares Pirenaicos (AR), Volcán de Teneguía (CAN)
Paisaje protegido		X		Chorrera de Horcajo (CLM), Bco. de Las Angustias (CAN), Cuatro Calas (MU)
Paraje natural	Geomorfológicos en VAL y AN	X (al referirse a formaciones de singular belleza)		Desierto de Las Palmas (VA), Estuario del río Guadiaro (AND), Desfiladero de Los Gaitanes (AND), Desierto de Tabernas (AND)
Paraje natural de interés nacional		X		Cabo de Creus (CAT)
Paraje natural municipal	Geomorfológicos en VAL			Cova Negra (VAL)
Parque nacional	Geomorfológicas	X		Ordesa y Monte Perdido (AR), Aigües Tortes y Lago San Mauricio (CAT), Picos de Europa (AS, CANT y CL)
Parque natural	CAN Geomorfológicas: GAL, EXT, PV, VAL, NA, AS, LR, AR	CAT, CL,		Lagunas de Ruidera (CLM), Doñana (AND), Montfragüe (EXT)
Parque periurbano y Parque periurbano de conservación y ocio		X		Dunas de San Antón (AND)
Parque regional (no aparece definición en las leyes autonómicas de Madrid y Murcia)		X		El Carche (MU), Calblanque (MU), Picos de Europa (CL), Sierra de Gredos (CL)
Parque rural		X		Anaga (CAN), Tenos (CAN)
PEIN (no aparece definición en la correspondiente Ley autonómica como ENP)		X		Collegats, Delta del Ebro, Muntanyes de Prades, Montserrat (CAT)

Nombre de la figura de protección	Menciona expresamente la geología	No la menciona pero podría incluirse al referirse al patrimonio natural de manera genérica	Ajena en su valoración a la geología	Ejemplos de LIG que se ajusten a esa figura y estén declarados
Plan especial de protección (no aparece definición en la correspondiente Ley autonómica como ENP)				Montseny (CAT)
Reserva fluvial			X	-
Reserva integral	X			Ukerdi (NA)
Reserva natural	CAN, NA VAL: Geomorfológicos	CAT	Resto	Larra (NA), Laguna del Hito (CLM), Laguna Fuente de Piedra (AND), Foz de Lumbier (NA), Islas Columbretes (VAL)
Reserva natural científica (no aparece definición en la correspondiente Ley autonómica como ENP)		X		-
Reserva natural concertada	específica			Laguna de la Paja (AND)
Reserva natural especial	X			Dunas de Maspalomas (CAN)
Reserva natural integral	CAN	CAT	NA, GAL	Roques de Anaga (CAN), Cap de Creus (CAT), Muniellos (AST)
Reserva natural marina	Geomorfológicos en VAL			Isla de Tabarca (VAL)
Reserva natural parcial	CAT		AST	Noguera Pallaresa-Collegats (CAT), Noguera Ribagorçana-Montrebei (CAT)
Sitio de interés científico		X		Salinas de Fuencaliente (CAN), Los Jameos (CAN)
Zona de especial protección de los valores naturales		X		Cañón do Sil (GA), Fragas do Eume (GA), Illa de Ons (GA)

### 1.5.2. Figuras de protección del patrimonio histórico y cultural

Los Bienes de Interés Cultural (BIC) conforman la categoría de protección patrimonial más elevada del Patrimonio Histórico Español según la LPHE y desarrollos legislativos de las CCAA, junto con otras nuevas figuras autonómicas asimilables a dicha categoría en cuanto al nivel máximo de protección jurídica (*Bienes Culturales Calificados* en el País Vasco, *BIC* y *Bienes Catalogados con inscripción específica* en Andalucía; *Bienes Culturales de Interés Nacional* en Cataluña). Todas estas figuras legales tienen como finalidad proteger los bienes, en este caso de interés geológico-paleontológico, más relevantes y a los que se les atribuye un valor cultural excepcional. El Bien de Interés Cultural constituye sin duda el eje central de todo el sistema normativo de protección de nuestro patrimonio cultural. Entre las categorías de BIC inmuebles que la LPHE contempla, sólo el “*Sitio Histórico*” y la “*Zona Arqueológica*” consideran, entre otros, el interés paleontológico como un criterio definitorio de la protección, aunque siempre estrechamente unido a la evolución y acción humana.

La consideración del patrimonio paleontológico asociado al devenir de la historia del hombre y/o vinculación al patrimonio arqueológico, han sido también trasladados a la legislación autonómica relativa al patrimonio cultural. En consecuencia, la protección jurídica se circunscribe a un registro fósil muy limitado y excluyente. No obstante, algunas CCAA han intentado extender la protección legal al resto del conjunto del registro fósil no vinculado al hombre; para ello, han propuesto una definición y/o figura de protección específica para este tipo de patrimonio denominada “*Zona Paleontológica*”, y que suele definirse por lo general como el lugar o zona donde hay vestigios, fosilizados o no, que constituyen una unidad coherente y con entidad propia.

Las CCAA han aplicado algunas de las figuras de protección contempladas en la LPHE o han introducido en las mismas nuevos matices, o bien han creado nuevas figuras de protección del patrimonio histórico y cultural. En la tabla 1.4 se recogen las figuras que contemplan expresamente la protección del patrimonio paleontológico inmueble, en cada una de las CCAA. Las figuras de protección asociadas a los bienes culturales más relevantes, BIC u otra categoría asimilable, y de aplicación a este tipo de patrimonio paleontológico, se pueden agrupar en:

- Figuras de protección de patrimonio histórico y/o arqueológico: De todas ellas, la *Zona Arqueológica* y el *Sitio o Lugar Histórico* son las de aplicación más común, aunque también están presentes otras figuras como *Yacimiento Arqueológico*, *Parque Arqueológico* y, en menor medida, *Monumento*, *Conjunto Histórico* y *Conjunto Monumental*. La protección en todas ellas se restringe al patrimonio geológico y paleontológico relacionado con los antecedentes, origen y evolución del hombre.
- Figuras específicas de protección del patrimonio paleontológico: *Zona Paleontológica* y *Parque Paleontológico*.

Algunas comunidades autónomas han desarrollado algunas figuras de protección integral y de planificación en las que se ha contemplado este tipo de patrimonio geológico como son: los *Parques Culturales* en el caso de Aragón y la Región de Murcia o de *Espacio Cultural* en Castilla y León. En los mismos, no sólo se persigue la protección sino también la difusión cultural y turística, el desarrollo sostenible de las actividades y la ordenación de usos. De forma más específica, destacan también los *Parques Arqueológicos* y *Paleontológicos*. Algunas CCAA han considerado también la protección de las zonas con indicios o con una alta probabilidad de existencia de restos arqueológicos y/o paleontológicos, y han desarrollado algunas figuras cautelares como: las *Zonas de Servidumbre Arqueológica* en Andalucía, *Espacio Arqueológico* en Asturias, *Espacios de Interés Arqueológico y Paleontológico* en las Islas Baleares, *Área de Protección Arqueológica* en Cantabria, *Espacios de Protección Arqueológica* en Extremadura o *Zonas de Presunción Arqueológica* en el País Vasco. En algún caso, aunque no se ha considerado una figura específica de protección del patrimonio paleontológico, la normativa ha contemplado la protección de éste cuando se considere de gran valor mediante la promulgación de un Decreto, tal y como recoge la disposición transitoria séptima de las Normas Regulatoras del Patrimonio Cultural Asturiano (Ley 1/2001).

Las normativas sectoriales autonómicas sobre patrimonio cultural han establecido para el mismo diferentes niveles de protección legal y, junto a los BIC, han distinguido otros bienes culturales *catalogados* (también denominados *Bienes de Interés* o *Relevancia Local* o *de Interés Regional*) o *inventariados* en función del valor o importancia de los mismos, que deberán ser considerados en la planificación urbanística.

Por último, la protección del patrimonio geológico ha sido contemplada también en la legislación cántabra sobre patrimonio histórico, a través de la figura de BIC denominado *Lugar Natural*, si bien hay que señalar que la protección de este tipo de patrimonio natural constituye una excepción dentro del marco legislativo que nos ocupa.

Tabla 1.4. Figuras de protección del patrimonio histórico y cultural de aplicación al patrimonio geológico de interés paleontológico inmueble.

CCAA	Categoría	Figura de Protección de aplicación al Patrimonio Paleontológico Inmueble
Andalucía	BIC	Monumento Conjunto Histórico Sitio Histórico Zona Arqueológica
		Zona de Servidumbre Arqueológica
Aragón	BIC (Conjunto de Interés Cultural)	Zona Arqueológica Zona Paleontológica
		Parque Cultural
Principado de Asturias	BIC	Zona Arqueológica
		Espacio Arqueológico Protección patrimonio geológico y paleontológico vía Decreto (Ley 1/2001, de 6 de marzo. Disposición adicional Séptima)

CCAA	Categoría	Figura de Protección de aplicación al Patrimonio Paleontológico Inmueble
Islas Baleares	BIC	Zona Arqueológica Lugar Histórico Zona Paleontológica
		Zonas de interés arqueológico y paleontológico
Islas Canarias	BIC	Zona Arqueológica Sitio Histórico Zona Paleontológica
Cantabria	BIC	Monumento Zona Arqueológica
		Yacimiento Arqueológico Parque Arqueológico Área de Protección Arqueológica
Castilla-La Mancha	BIC	Zona Arqueológica Sitio Histórico
Castilla y León	BIC	Zona Arqueológica Sitio Histórico
		Espacio Cultural
Cataluña	Bien Cultural de Interés Nacional	Zona Arqueológica Zona Paleontológica
Extremadura	BIC	Zona Arqueológica Zona Paleontológica Parques Arqueológicos Espacios de protección arqueológica
Galicia	BIC	Zona Arqueológica Zona Paleontológica
Comunidad de Madrid	BIC	Zona Arqueológica Zona Paleontológica
Región de Murcia	BIC	Zona Arqueológica Zona Paleontológica
		Parque Arqueológico Parque Paleontológico
Comunidad Foral de Navarra	BIC	Zona Arqueológica
País Vasco	Bien Cultural Calificado	Monumento (zona arqueológica) Conjunto Monumental (zonas arqueológicas)
		Zonas de presunción arqueológica
La Rioja	BIC	Monumento Zona Arqueológica Parque Arqueológico Zona Paleontológica
Comunidad Valenciana	BIC	Zona Arqueológica Zona Paleontológica

## 2. CONCEPTOS GENERALES SOBRE PATRIMONIO GEOLÓGICO

### 2.1. Definiciones

El estudio del patrimonio geológico figura entre las más recientes áreas de investigación incorporadas al ámbito de la Geología. Es el resultado de una nueva manera de entender los recursos geológicos como bienes con interés científico y cultural que deben ser protegidos por su valor intrínseco y no sólo por los beneficios obtenidos de su explotación comercial.

La base de todos los trabajos de patrimonio geológico es el buen conocimiento geológico del territorio, que permite discernir entre qué lugares presentan una significación especial y cuáles no. La definición habitual de patrimonio geológico es “*el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida*” (Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad).

De acuerdo con esta definición, el patrimonio geológico de un territorio estará formado por el conjunto de elementos geológicos de interés, denominados Lugares de Interés Geológico (LIG) definidos como “territorio o elemento geológico que presenta un elevado valor en relación con alguna de las disciplinas de la geología y que ha sido elegido siguiendo la metodología propia del estudio de patrimonio geológico”. Incluyen formaciones y estructuras geológicas, formas del relieve, paisajes, depósitos sedimentarios, minerales, rocas, fósiles, meteoritos, suelos y otras muchas manifestaciones originadas como resultado de la actuación de los procesos y agentes geológicos. Para referirse a los LIG también se han utilizado términos como ‘puntos de interés geológico’, ‘geotopos’, ‘georrecurso’ o ‘geositios’, aunque lo más recomendable es unificar todos estos términos en el de LIG, que es el que utiliza la Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Los LIG se ordenan en inventarios o catálogos, si bien este último término se suele reservar para inventarios que han sido aprobados oficialmente (mediante una orden, decreto o ley).

Un tipo especial de LIG son los *geosites*, que son los LIG de relevancia internacional que fueron seleccionados de acuerdo a la metodología establecida en el programa internacional Global Geosites. Este programa fue promovido por la UNESCO y la Unión Internacional para las Ciencias Geológicas (IUGS), y tenía como objetivo acometer un inventario mundial de patrimonio geológico. En muchos países se utilizó su metodología para inventariar LIG de relevancia internacional. En España este proyecto se ha finalizado con la identificación de 20 contextos geológicos de relevancia internacional y 144 *geosites*, aunque muchos de ellos se presentan en varios parajes, dando lugar a un total de 214 enclaves. La protección de los *geosites* para asegurar su adecuada conservación es una necesidad que queda plasmada en la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

El término geodiversidad es una abreviación de diversidad geológica, y se refiere a la diversidad de elementos que son el resultado de los procesos y acontecimientos geológicos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra. Así, la geodiversidad, de acuerdo con la Ley 42/2007 es la variedad de elementos geológicos (incluidos rocas, minerales, fósiles, suelos, formas del relieve, estructuras, formaciones y unidades geológicas y paisajes) presentes en un territorio y que son el producto y registro de la evolución de la Tierra. La geodiversidad es una propiedad intrínseca y cuantificable del territorio.

Guarda relación con el patrimonio geológico, pero son conceptos diferentes. La geodiversidad se refiere a la variedad de elementos, mientras que el patrimonio geológico se refiere al valor de los mismos. Así, puede haber lugares poco diversos, pero con gran valor geológico, y también puede

ocurrir a la inversa. Si un lugar tiene mucha geodiversidad y esa geodiversidad tiene valor, entonces se considerará como un patrimonio a gestionar para la conservación.

## 2.2. Tipologías de interés

La amplitud de disciplinas incluidas en la Geología hace que sea frecuente que se realicen estudios parciales o temáticos, utilizándose términos como patrimonio mineralógico, geomorfológico, paleontológico, etc. Cada uno tiene sus peculiaridades, pero todos ellos forman parte indisoluble del patrimonio geológico en su sentido más amplio. En la tabla 2.1 se enumeran las diferentes tipologías de interés que integran el patrimonio geológico.

Tabla 2.1. Tipologías de interés que integran el patrimonio geológico y disciplinas geológicas necesarias para su estudio (en negrita se destacan las más directamente involucradas).

Tipo de interés	Subtipos	Características generales	Disciplinas geológicas
Estratigráfico	Estratigráfico <i>sensu stricto</i>	Sucesiones de estratos que permiten reconocer los sucesos registrados en ellos, ordenarlos en el tiempo y correlacionarlos	Estratigrafía Sedimentología
	Sedimentológico	Estructuras sedimentarias que permiten la reconstrucción de los procesos y de las condiciones ambientales y climáticas del pasado	Petrología Paleontología
Geomorfológico	Formas erosivas	Morfologías debidas a procesos erosivos de diversa intensidad condicionados por factores litológicos y estructurales	Geomorfología Tectónica
	Depósitos superficiales	Depósitos de tipo sedimentario originados por procesos geomorfológicos ligados a diferentes ambientes de formación	Estratigrafía Petrología Hidrogeología
Paleontológico	Yacimientos <i>in situ</i> de invertebrados	Restos directos o indirectos de organismos invertebrados <i>in situ</i> , que se han conservado en el registro geológico	Paleontología
	Yacimientos <i>in situ</i> de vertebrados	Restos directos o indirectos de organismos vertebrados <i>in situ</i> , que se han conservado en el registro geológico	Estratigrafía Sedimentología
	Patrimonio mueble	Fósiles en museos y colecciones	
Tectónico	Frágil	Estructuras originadas por rotura y rocas directamente afectadas	Tectónica Geología estructural
	Dúctil	Estructuras originadas por deformación continua y rocas afectadas	Geofísica Petrología metamórfica Estratigrafía Geomorfología
Petroológico-geoquímico	Petroológico-geoquímico ígneo	Textura, mineralogía y/o geoquímica de rocas volcánicas, plutónicas y filonianas	Petrología
	Petroológico-geoquímico metamórfico	Textura, mineralogía y/o geoquímica de rocas originadas por los diferentes grados de metamorfismo (T <sup>a</sup> y P)	Geoquímica Mineralogía
	Petroológico-geoquímico sedimentario	Textura, mineralogía y/o geoquímica de rocas detríticas, carbonáticas, evaporíticas y carbonosas	Sedimentología
Mineralógico-metalogenético	Metalogenético	Aquellos lugares que muestran las características de los yacimientos minerales o mineralizaciones de interés	Mineralogía Cristalografía
	Mineralógico	Afloramientos con ejemplares mineralógicos de interés por su rareza, condiciones de cristalización, abundancia, etc.	Petrología Geoquímica
Hidrogeológico	Hidrogeológicos <i>sensu stricto</i>	Ligados a acuíferos o aguas subterráneas en cualquiera de sus manifestaciones	Hidrogeología
	Hidrogeológicos de interés paisajístico	Paisaje condicionado por los acuíferos y sus manifestaciones superficiales	Geofísica Estratigrafía
Otros	Historia de la geología	Elementos geológicos ligados a la historia de la geología y a los científicos que los descubrieron	Edafología Geología histórica
	Edáfico	Paleosuelos y suelos	Geomorfología
	Patrimonio geológico efímero	Elementos geológicos (geomorfológicos, procesos geológicos activos, depósitos superficiales, etc.) de corta duración temporal, incluso inferior a un día	Tectónica Sedimentología

La mayoría de los LIG se encuentran *in situ*, pero es habitual que ciertos elementos de pequeño tamaño sean extraídos para su estudio y, posteriormente, formen parte de colecciones museísticas o de centros de investigación. Por ello, se define el patrimonio geológico mueble como “los elementos de interés geológico que han sido extraídos o movidos de su contexto natural (fósiles, minerales, meteoritos y otras rocas) para entrar a formar parte de colecciones museísticas”. El patrimonio geológico mueble posee unas singularidades que hacen del mismo un caso especial dentro del patrimonio geológico en lo referente a su conservación, utilización e incluso protección legal. En cualquier caso se trata de una categoría ajena a los propósitos de esta guía, que incide en el patrimonio geológico presente en el medio natural.

### 2.2.1. Patrimonio geológico de interés estratigráfico

Se incluyen en el patrimonio geológico de interés estratigráfico los elementos de valor científico, cultural y/o educativo que permiten estudiar e interpretar la naturaleza y disposición de las rocas estratificadas, los procesos registrados en ellas, así como la correlación de estos materiales y sucesos y su adecuada ordenación temporal. Cabe por tanto diferenciar dos subtipos de interés: 1) el relativo a la correlación de materiales y sucesos ordenados de forma temporal, que es objeto de la geología histórica y que cabe englobar en una subcategoría de interés estratigráfico *sensu stricto* (fig. 1); 2) por otro lado un aspecto más interpretativo, en el que se basa la reconstrucción de los procesos sedimentarios y de las condiciones ambientales y climáticas del pasado, y que se podrían denominar como de interés sedimentológico, en el que se incluye el paleogeográfico y paleoclimático (fig. 2).

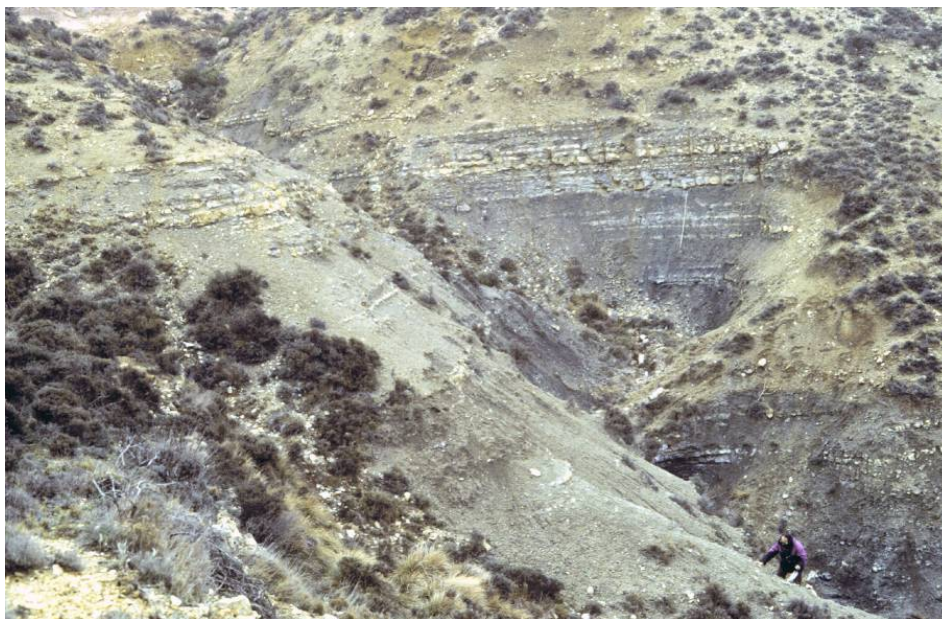


Figura 1. Estratotipo del límite Toarciense-Aalenense (Jurásico inferior-medio) en Fuentelsaz (Guadalajara). Ejemplo de lugar de interés estratigráfico *s.s.*

Los elementos de interés estratigráfico *s.s.* suelen corresponder a secciones o cortes geológicos en los que está representado el estratotipo de una determinada formación geológica o de un límite entre dos edades o pisos estratigráficos. Los elementos de interés sedimentológico responden más bien a estructuras sedimentarias o a niveles de estratos que contienen determinados registros paleoambientales, que permiten deducir los procesos y condiciones reinantes en el pasado.



Figura 2. Estratificación cruzada y *ripples* de oleaje en las areniscas del Miembro Sorbas (Almería). Ejemplo de lugar de interés sedimentológico.

Desde el punto de vista del registro paleoclimático del Cuaternario que pueden contener, son especialmente interesantes: los registros lacustres recientes (fig. 3), las turberas (fig. 4), las formaciones tobáceas (fig. 5), los espeleotemas, los registros marinos o los depósitos eólicos tanto continentales como litorales (figs. 6 y 7), entre otros.



Figura 3. Depósitos lacustres del Pleistoceno superior. Paraje de El Atochar, Enguñados (Cuenca).



Figura 4. Diversas vistas de la turbera de Padul (Granada), que tiene un registro paleoclimático del último millón de años.



Figura 5. Izquierda: barrera tobácea. Derecha: laminaciones tobáceas en domo. Cada lámina conserva un registro paleoclimático correspondiente a su formación. Las Chorreras de Enguñanos (Cuenca).



Figura 6. Depósitos dunares continentales en Sisante (Cuenca) indicativos de condiciones áridas y frías del Pleistoceno final (15.000 a 30.000 años BP), reactivadas por la plantación de viñedo.



Figura 7. Dunas costeras en Doñana (Huelva), con fijación incipiente por la vegetación.

### *2.2.2. Patrimonio geológico de interés geomorfológico*

El patrimonio geológico de interés geomorfológico está formado por el conjunto de formas y depósitos originados por procesos geomorfológicos y que están condicionados por la naturaleza de éstos y por su intensidad, así como por las características litológicas y estructurales de las rocas sobre las que se desarrollan. Debido a la amplia variedad de procesos geomorfológicos existentes, lo habitual suele ser agruparlos en función de los sistemas morfogenéticos que los originan. Otro enfoque son las clasificaciones en función de las regiones climáticas donde se desarrollen (ya que condicionan en gran medida el tipo e intensidad de ciertos procesos), pero se ha preferido la primera opción porque permite agrupar elementos con un origen común y, generalmente, una vulnerabilidad similar, en lugar de su ubicación climática-geográfica. Los sistemas morfogenéticos más habitualmente utilizados son: volcánico, laderas y vertientes, fluvial, glaciar y periglaciario, eólico, lacustre y endorreico, litoral, kárstico en rocas salinas y carbonatadas, pseudokarst en rocas cristalinas y silíceas, estructural y poligénico. Esto quiere decir que en este grupo se incluyen elementos con un origen que pudiera corresponder a algunas de las otras tipologías (sedimentario, petrológico, tectónico), siempre y cuando su característica fundamental sea su morfología.



Figura 8. Ejemplo de forma superficial de origen volcánico. Cono de cenizas. Timanfaya (Lanzarote).

Al tratarse de formas del terreno, suele distinguirse entre depósitos superficiales y formas erosivas, que pueden ser creadas por el mismo proceso pero en diferentes contextos. Con respecto a los depósitos, en su estudio se combinan aspectos geomorfológicos propiamente dichos con otros estratigráficos y sedimentológicos. Por su parte, las formas erosivas están fuertemente condicionadas por factores como la litología, el clima y la estructura.



Figura 9. Ejemplo de forma superficial de origen litoral. Cordón o flecha litoral. El Rompido (Huelva).



Figura 10. Ejemplo de forma superficial de origen fluvial. Congosto del Entremón (Huesca).



Figura 11. Ejemplo de forma superficial de ladera. Conos de derrubios al pie de relieves escarpados. Valle de Pineta (Huesca).



Figura 12. Ejemplo de forma superficial de origen glaciar. Cubeta de sobreexcavación. Lagos de Arriel (Huesca).



Figura 13. Ejemplo de forma superficial de origen lacustre-endorreico. Área endorreica con salinización superficial. Laguna de Tírez (Toledo).



Figura 14. Ejemplo de forma superficial de origen periglacial. Ríos de bloques de Orea (Guadalajara).



Figura 15. Ejemplo de forma superficial de origen estructural. Crestas en rocas carbonatadas. Aliaga (Teruel).



Figura 16. Ejemplo de forma superficial de origen kárstico. Dolina en embudo. Torcas de Lagunaseca (Cuenca).



Figura 17. Ejemplo de forma superficial originada por meteorización química. Berrocal. La Pedriza del Manzanares (Madrid).



Figura 18. Ejemplo de forma superficial de origen poligénico. Relieve residual. Tetas de Viana (Guadalajara).

### 2.2.3. Patrimonio geológico de interés paleontológico

El patrimonio geológico de interés paleontológico se define como “el conjunto de restos directos de organismos o restos indirectos (que son el resultado de su actividad biológica), que se han conservado en el registro geológico y al cuál se le ha asignado un valor científico, didáctico o cultural porque nos permiten conocer, estudiar e interpretar el origen y evolución de la vida”. El patrimonio paleontológico forma parte del patrimonio geológico (entendido en sentido amplio), pero posee matices propios que le hacen un caso especial, referidos a su naturaleza, vulnerabilidad y sobre todo, el marco legal de referencia. A pesar de su indudable origen natural, el patrimonio paleontológico fue incorporado en la legislación nacional de patrimonio histórico (Ley 16/1985), quedando reflejado como tal en la normativa sectorial de algunas comunidades autónomas. Otra particularidad importante es que mayoritariamente puede convertirse, mediante su recolección, en patrimonio mueble. Por otro lado, la vulnerabilidad y factores de riesgo (expolio, erosión, explotaciones mineras, urbanización, obras públicas, vertederos, etc.) que afectan al patrimonio paleontológico son, en ocasiones, mayores que las de otros elementos del patrimonio geológico. Los ejemplares fósiles tienen un interés social y cultural muy importante, constituyendo elementos del patrimonio natural susceptibles de ser expoliados y destruidos.

Este patrimonio puede desglosarse en varios subtipos: 1) patrimonio paleontológico mueble, que al estar en museos y colecciones públicas o privadas, no suele tener una incidencia relevante en las evaluaciones de impacto ambiental y 2) patrimonio paleontológico *in situ*, que es el más vulnerable y tiene mayor número de impactos potenciales al tratarse de yacimientos fósiles en el campo, que en la mayoría de las ocasiones son únicos. Este hecho se agudiza si diferenciamos entre yacimientos de invertebrados, frente a los yacimientos de vertebrados, que son mucho menos abundantes en el registro fósil. Como ejemplos de estos dos subtipos están los abundantes fósiles de ammonites y braquiópodos en los estratos del Oxfordiense (piso del Jurásico) que abarca varias provincias en Aragón y, por el contrario, los fósiles de homínidos del Pleistoceno de Atapuerca, que es un yacimiento único a nivel mundial y se localiza en la Sima de los Huesos y en una trinchera de ferrocarril abandonada de sólo cientos de metros de longitud.



Figura 19. Encrinita con grandes placas columnares y fragmentos del cáliz del crinoideo *Triblyocrinus flatheanus* (ex “*Hadrocrinus hispaniae*”). Emsiense (parte alta del Devónico inferior) de la Plataforma de Arnao (Asturias).



Figura 20. Exomuseo del yacimiento de fósiles de vertebrados del Pleistoceno medio (400.000 – 350.000 años) de Ambrona (Soria). Los fósiles predominantes son de *Elephas (Palaeoloxodon) antiquus* y se encuentran *in situ*.

#### 2.2.4. Patrimonio geológico de interés tectónico

El patrimonio geológico de interés tectónico reúne los elementos de valor científico, cultural y/o educativo que permiten estudiar e interpretar las estructuras geológicas producidas por deformación de la corteza terrestre, las rocas que se han deformado, así como los procesos que las originan. Se pueden diferenciar dos subtipos en función de los mecanismos de deformación, que comprenden desde la microescala a la macroescala, como son: 1) patrimonio geológico de interés tectónico frágil y 2) de interés tectónico dúctil. El primero de ellos comprende las rocas sometidas a una deformación discontinua que produce rotura así como las estructuras que se originan en estos procesos, como son las fallas, estrías y diaclasas. Ejemplos de LIG de interés tectónico frágil son el cabalgamiento de Daroca (fig. 21) y el cabalgamiento de Cameros (fig. 22), incluidos en el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) para la Cordillera Ibérica.



Figura 21. Cabalgamiento de Daroca (Zaragoza). Uno de los escasos lugares donde se puede observar el basamento varisco (Cámbrico) sobre sedimentos del Mioceno que rellenan la cuenca de Calatayud-Teruel.



Figura 22. Cabalgamiento de Cameros (La Rioja), con varias decenas de km de longitud. Se produjo durante la orogenia Alpina por la compresión en dirección principal NW-SE. Las rocas jurásicas y cretácicas (más antiguas) se sitúan encima de los materiales paleógenos (más modernos) de la Cuenca del Ebro. Por la traza del cabalgamiento ascienden aguas termales (vista inferior, mezclándose con el río Cidacos) que se aprovechan en el Balneario de Arnedillo (La Rioja).

En cambio, el interés tectónico dúctil se emplea para elementos patrimoniales cuya forma, distribución y estructura interna indican que las rocas han sido sometidas a deformación continua. Los más frecuentes son: pliegues, *boudinage* y esquistosidad. Los pliegues alpinos en Alcañete (Teruel) son un claro ejemplo de este tipo (fig. 23).



Figura 23. Pliegues de Alcaine (Teruel), ejemplos de deformación dúctil.

### 2.2.5. Patrimonio geológico de interés petrológico-geoquímico

Se incluyen en el patrimonio geológico de interés petrológico-geoquímico los elementos de valor científico, cultural y/o educativo que permiten estudiar e interpretar la composición química y mineral, la textura, los procesos registrados en las rocas y su adecuada ordenación temporal. Dentro de este grupo tan amplio se han diferenciado tres subtipos de interés en función de su origen: 1) petrológico-geoquímico ígneo, 2) petrológico-geoquímico metamórfico y 3) petrológico-geoquímico sedimentario.



Figura 24. Izquierda, coladas de leucitita olivínica con disyunción esferoidal del Morrón de Villamayor (Ciudad Real). Derecha, afloramiento de cancalitas del pitón volcánico de Cancarix (Albacete) en el que claramente se observa la disyunción columnar. Vista de la ladera Sur.

El subtipo ígneo reúne las rocas de origen volcánico, filoniano y plutónico que por su mineralogía, su textura y/o geoquímica particular tienen un valor patrimonial. Un ejemplo de este subtipo es el LIG de la leucitita olivínica del Morrón de Villamayor (Campo de Calatrava, Ciudad Real), que es el único afloramiento de España y, posiblemente de Europa, de este tipo de rocas volcánicas. Otro ejemplo son las jumillitas, cancalitas, fortunitas y veritas localizadas en el SE español, que por su geoquímica y mineralogía también son únicas a nivel mundial (fig. 24).

Como ejemplos significativos de LIG de tipo plutónico pueden citarse los granitos de Porriño en Pontevedra o las peridotitas de Ronda, formadas mayoritariamente por lherzolitas del manto subcontinental, que se han colocado sobre la corteza continental mediante cabalgamientos con una geoquímica y mineralogía excepcionales. El dique de Plasencia es uno de los LIG más representativos de la categoría de los filonianos en la península ibérica.

El subtipo metamórfico comprende LIG con rocas que por su textura, composición mineralógica y geoquímica, morfología y estructuras de facies de los diferentes grados metamórficos tienen un valor patrimonial. Algunos de los ejemplos más representativos son los mármoles de Macael y las ofiolitas de Moeche y Purrido en Cabo Ortegal.

El subtipo sedimentario comprende los grandes grupos de rocas sedimentarias: detríticas; carbonáticas y evaporíticas; así como otros grupos minoritarios como las rocas silíceas, ferruginosas, fosfáticas y carbonosas que por su mineralogía, su textura y/o geoquímica tienen un valor patrimonial. Algunos de los ejemplos más significativos de LIG con interés petrológico sedimentario se encuentran en la corta de La Ballesta, en Córdoba (figs. 25 y 26), con magníficos ejemplos de hulla (subtipo de rocas carbonosas) del Carbonífero; o la caliza de Hontoria, en Burgos, incluida en el IELIG para la Cordillera Ibérica.



Figura 25. Plano general y vista de detalle de la alternancia de rocas carbonosas (hulla) y detríticas (conglomerados y areniscas) del Carbonífero inferior en la corta de La Ballesta (Cuenca Peñarroya-Bémez-Espiel, Córdoba).



Figura 26. Detalle de un microconglomerado con fragmentos de hulla que son restos fósiles carbonizados de macroflora: *Sigillaria*, *Lepidodendrum*, *Calamites*, entre otros. Carbonífero inferior en la corta La Ballesta (Cuenca Peñarroya-Bélmuez-Espiel, Córdoba).

### 2.2.6. Patrimonio geológico de interés mineralógico-metalogenético

Pertencen al patrimonio geológico de interés mineralógico-metalogenético aquellos lugares que muestran las características de los yacimientos o depósitos minerales, o bien, que contienen mineralizaciones de interés aunque no lleguen a constituir masas explotables.

Un primer grupo de lugares de interés mineralógico-metalogenético lo constituyen, por tanto, aquéllos que albergan yacimientos minerales (figs. 27 y 28) o donde se manifiestan los factores geológicos que controlaron su formación (fig. 29), independientemente de que estén o no mineralizados. Este primer grupo se calificaría como lugares de interés metalogenético. Los yacimientos minerales pueden considerarse como una anomalía en la distribución de elementos químicos de la corteza terrestre y, por lo tanto, son de por sí elementos de interés. La existencia de yacimientos está controlada por factores estructurales, sedimentológicos, petrológicos, etc., por lo que aquellos afloramientos en los que se manifiesten estos factores, aun cuando no estén mineralizados, pueden ser también lugares de interés metalogenético.



Figura 27. Izquierda: contacto entre los sulfuros masivos y el *stockwork* con el *gossan* suprayacente de la mina San Miguel (Huelva). A la derecha, detalle del *stockwork*.



Figura 28. Antigua explotación de ocre de hierro en Zamoranos (Córdoba).

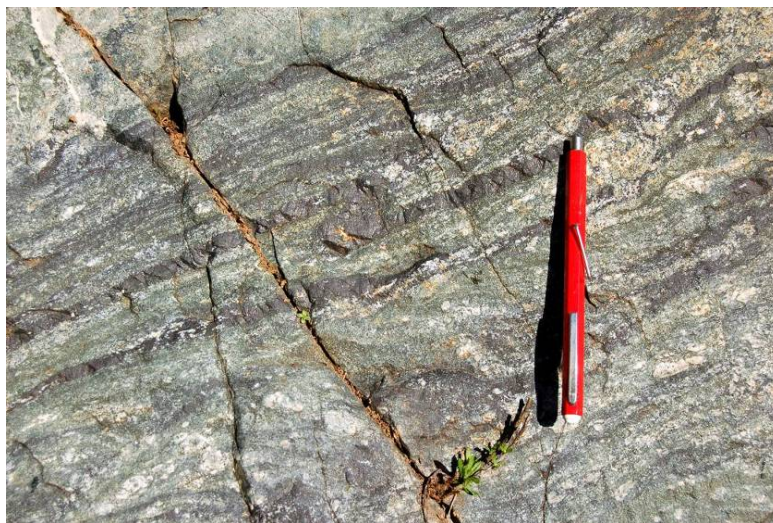


Figura 29. Arriba: skarn (roca de silicatos cálcicos resultante del contacto de rocas ígneas con calizas) con granates y magnetita. Abajo: detalle de un pliegue en la mineralización de magnetita de la mina de Navalázaro. El Pedroso (Sevilla).

Un segundo grupo lo constituyen los lugares de interés mineralógico, que pueden coincidir o no con los anteriores; son afloramientos donde aparecen ejemplares mineralógicos de interés por su rareza, condiciones de cristalización, abundancia, etc. (fig. 30). Por todo lo anterior, aunque estos lugares suelen coincidir con los entornos de explotaciones mineras abandonadas, en especial a cielo abierto, donde los antiguos frentes de explotación pueden mostrar aún rasgos metalogenéticos y/o especies mineralógicas de interés, también pueden localizarse en afloramientos que no han sido objeto de explotación minera.



Figura 30. Izquierda: yacimiento de aragonitos del Triásico en Cuenca. A la derecha un ejemplar de dicho yacimiento.

### 2.2.7. Patrimonio geológico de interés hidrogeológico

Hay muchas definiciones del patrimonio hidrogeológico, aunque todas ellas coinciden en considerarlo como “todos aquellos lugares relacionados con las aguas subterráneas que teniendo una cierta singularidad, al menos a nivel regional, bajo el punto de vista científico, histórico, cultural, educativo o paisajístico-recreativo, presentan un espacio discreto con el fin de que puedan ser visitados y protegidos” (Rodríguez Estrella, 1999-2001). Quizás, una de las definiciones más completa es la expuesta por Durán (2001) que considera que el patrimonio hidrogeológico puede ser de dos subtipos: 1) el formado por los lugares de interés hidrogeológico *sensu stricto*, que incluye a aquellos lugares naturales relevantes con interés geocientífico, didáctico, turístico o económico ligados directa o indirectamente con los acuíferos o con el agua subterránea, en cualquiera de sus manifestaciones, desde una pérdida en superficie (valle ciego), hasta la emergencia en un manantial, pasando por un río subterráneo o un acuífero completo. Ejemplos de esta tipología serían el Manantial del Nacimiento, en Iguaneja (Málaga), nacimiento del río Genal, importante descarga del acuífero de la Sierra de las Nieves (fig. 31) o el Torcal de Antequera y 2) los lugares de interés hidrogeológico de tipo paisajístico, referido a aquellos lugares que presentan una imagen condicionada no solo por la presencia de acuíferos sino también por el uso que de ellos hace el hombre. Las Tablas de Daimiel (Ciudad Real) sería un claro ejemplo de este grupo (fig. 32), aunque otras zonas, como el Llano de Palma (Palma de Mallorca), también pueden incluirse en el mismo. En muchos de estos casos, su interés hidrogeológico podrá venir acompañado de otros tipos de interés geológico, como el geomorfológico.



Figura 31. Manantial del Nacimiento en Iguaneja (Málaga), surgencia del río Genal.



Figura 32. Patrimonio hidrogeológico de tipo paisajístico: Las Tablas de Daimiel (Ciudad Real).

### *2.2.8. Otras tipologías de interés*

Hay LIG que son parte del patrimonio natural pero que no son muy abundantes en los inventarios por el tipo de interés que presentan y, por ello, no entrarían dentro de los tipos de interés anteriormente referidos. De este grupo, que en realidad es un “cajón de sastre”, entrarían a formar

parte los LIG de interés edafológico, o LIG de interés para la historia de la geología o, incluso, el patrimonio geológico efímero (Díez *et al.*, 2011).

### **2.2.9. Patrimonio minero**

El patrimonio minero guarda una estrecha relación con el patrimonio geológico, pero son aspectos diferentes, pues su gestión, regulación y conservación se realiza atendiendo a diferentes mecanismos legales y administraciones de cultura. Además, la principal diferencia es que el patrimonio geológico está compuesto exclusivamente por elementos de origen natural, mientras que el minero incluye elementos culturales, sobre todo de tipo histórico y etnológico. Por ejemplo, una mineralización importante, como anomalía geoquímica de la corteza terrestre, podría formar parte del patrimonio geológico, mientras que los restos arqueindustriales derivados de su explotación, los mapas de las labores o las tradiciones mineras, como resultado de la historia de la actividad minera, podrían formar parte del patrimonio minero. De esta manera, se define patrimonio minero como “el conjunto de estructuras inmuebles y muebles, documentos, objetos y elementos inmateriales vinculados con actividades mineras del pasado, a los que un grupo social, más o menos amplio, atribuye valores históricos, culturales o sociales”. Por todo ello, el tratamiento del patrimonio minero queda fuera del alcance de esta guía práctica y se trata específicamente en la guía metodológica elaborada por Alberruche *et al.* (2012).

## **2.3. El medio geológico como fuente de recursos y soporte de actividades y de la biodiversidad**

El objetivo final del estudio del patrimonio geológico es identificar los elementos con mayor valor para promover su conservación y facilitar su utilización sostenible y disfrute. Para ello es necesario, siguiendo la metodología específica, identificar, valorar, conservar y divulgar aquellos lugares que posean un elevado valor en relación con las Ciencias de la Tierra.

Son muchas y variadas las posibles actuaciones para proteger el patrimonio geológico. Por ello se suele utilizar el término geoconservación para englobar al “conjunto de acciones, técnicas y medidas encaminadas a asegurar la conservación (incluyendo la rehabilitación) del patrimonio geológico, basada en el análisis de sus valores intrínsecos, su vulnerabilidad y en el riesgo de degradación”. La geoconservación es la conservación del patrimonio geológico. Presenta ciertos matices particulares con respecto a la conservación de otros elementos naturales, ya que el patrimonio geológico lo forman elementos abióticos en su mayoría de carácter no renovable.

### **2.3.1. Relación entre geodiversidad y biodiversidad**

La geodiversidad condiciona en gran medida la biodiversidad de un territorio. La relación entre geodiversidad y biodiversidad se basa en que, en mayor o menor medida, cada una de ellas condiciona y ha condicionado el desarrollo y evolución de la otra. La preocupación por el estudio de la relación entre geodiversidad y biodiversidad surge como resultado del entendimiento de que los sistemas naturales son complejos y en ellos participan e interactúan numerosos factores bióticos y abióticos. La geología condiciona en gran parte la topografía, la presencia de masas de agua y sus propiedades físico-químicas, la fertilidad, el desarrollo de suelos, la dinámica evolutiva del componente abiótico del paisaje, la presencia de afloramientos rocosos de diferente composición y su resistencia a la erosión, la susceptibilidad de suelos y roca a ser colonizados por ciertas especies vegetales, y muchos otros factores que condicionan la existencia de formas de vida. La evolución geológica de un lugar condiciona todos los demás aspectos bióticos, y no sólo su existencia, sino que en ocasiones también la eficacia y el éxito de determinados procesos biológicos, como la

reproducción de las especies y la distribución de los hábitats. A su vez, la actividad biológica condiciona y participa en algunos procesos geológicos como la aceleración o disminución de la erosión, la estabilidad de laderas, los edificios bioconstruidos (arrecifes, tobas calcáreas), dinámica fluvial, desarrollo de suelos, escorrentía, etc. La evolución geológica de una región y los elementos geológicos resultantes son los que determinan su geodiversidad y son condicionantes importantes del paisaje. Y es que la geodiversidad condiciona el paisaje en la mayoría de los casos, aunque esta relación no siempre es directa, pues hay elementos de la geodiversidad que no tienen reflejo paisajístico (como por ejemplo los fósiles).

### 3. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO

En este capítulo se plantean los conceptos generales en los que se basa la metodología que se desarrollará en el capítulo 5 para la identificación y valoración, en los estudios de impacto ambiental, del patrimonio geológico y de los posibles impactos que pueden afectarlo. Se pretende con ello que el lector perciba cuanto antes que sólo aquellos elementos de interés conforman el patrimonio geológico, y que este interés debe ser demostrado mediante unos criterios que permitan cuantificarlo de la manera más objetiva posible. De esta forma, la identificación inicial de unos lugares de posible o previsible interés desembocará en la selección de los lugares de verdadero interés geológico, que representan el patrimonio geológico del entorno afectado por el proyecto sometido a evaluación de impacto. Los LIG afectados por la EIA se detallarán como una categoría más de los apartados del Inventario Ambiental bajo el epígrafe de patrimonio geológico.

La valoración de LIG que se propone en el capítulo 5 es una simplificación de la aquí descrita, que se incluye para que el lector entienda el contexto en el que se sitúa dicha valoración.

#### 3.1. Sistemas y criterios de valoración de LIG

De acuerdo con Carcavilla *et al.* (2007) la valoración de un LIG en los estudios de patrimonio geológico se apoya sobre tres premisas fundamentales:

- 1) No todo elemento geológico tiene valor patrimonial.
- 2) Los afloramientos o elementos que lo poseen no siempre son igual de interesantes.
- 3) Es posible definir unos parámetros que permitan calcular cuál es el interés del lugar.

Habitualmente se utilizan como criterios de valoración del patrimonio geológico los definidos por Cendrero (1996) según el cual, al valorar un lugar, deben considerarse tres clases de valores:

- Valor intrínseco.
- Valor ligado a la potencialidad de uso.
- Valor ligado a la susceptibilidad a la degradación.

Sin embargo, la susceptibilidad a la degradación, es un parámetro a valorar una vez se hayan seleccionado los lugares por su interés intrínseco y de potencialidad de uso, y ello en base a dos argumentos:

- 1) La susceptibilidad a la degradación es un aspecto crítico a la hora de proponer medidas a adoptar a las Administraciones competentes de la gestión del patrimonio, por lo que debe tener un tratamiento diferenciado y fácilmente comprensible.
- 2) En la valoración de la susceptibilidad a la degradación influyen algunos parámetros (como la cercanía a poblaciones o la facilidad de acceso) que son comunes a la valoración de la potencialidad de uso, pero que puntúan en sentido contrario, pudiendo producirse resultados equívocos si se valoran conjuntamente.

Por otro lado, se considera que para facilitar la gestión de los LIG inventariados, debe quedar claro si la valoración de la potencialidad de uso corresponde al uso científico, didáctico o recreativo, o por combinaciones de éstos.

Los LIG se valoran en una primera etapa atendiendo a sus valores intrínsecos y ligados a la potencialidad de uso. En una etapa ulterior, con los parámetros ligados a la necesidad de protección, se evalúa qué LIG son más vulnerables para que pueda priorizarse su posible protección. En la tabla 3.1 se presentan y describen sucintamente los parámetros de valoración que se utilizan en los inventarios de patrimonio geológico (García-Cortés y Carcavilla, 2009).

Es importante tener en cuenta que dado el carácter pluridisciplinar de un inventario de patrimonio geológico (que comprende los lugares de interés para las diferentes ramas de las ciencias geológicas), difícilmente un único experto puede ser capaz de abarcar los conocimientos necesarios para identificar los posibles lugares de interés. Por ello se hace necesario recurrir a un panel de expertos que asesoren a la persona encargada de coordinar el inventario. Este asesoramiento puede canalizarse mediante la cumplimentación de una sencilla encuesta enviada a un grupo de colaboradores y el posterior tratamiento de los resultados.

Tabla 3.1. Parámetros de valoración de los LIG y clase de valor al que corresponden. El desarrollo de algunos de estos parámetros contemplados en la metodología de valoración de LIG, simplificada para EIA, se presenta en los apartados 5.4.1 y 5.4.2.

CLASE DE VALOR	PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
INTRÍNSECO	Representatividad	Informa sobre la calidad del lugar para ilustrar adecuadamente las características del dominio
	Carácter de localidad tipo o de referencia	Informa sobre la calidad del lugar como referencia estratigráfica, paleontológica, mineralógica, etc.
	Grado de conocimiento científico del lugar	Indica que la relevancia geológica e interés científico lo hacen objeto de publicaciones y estudios científicos
	Estado de conservación	Informa de la existencia de deterioro físico del rasgo
	Condiciones de observación	Indica la mayor o menor facilidad que ofrece el entorno para observar el rasgo
	Rareza	Informa sobre la escasez de rasgos similares al descrito
	Diversidad geológica	Informa de la existencia de varios tipos de interés geológico en el mismo lugar
	Espectacularidad o belleza	Informa de la calidad visual del rasgo
INTRÍNSECO Y DE USO	Contenido divulgativo / uso divulgativo	Indica si el rasgo se presta con mayor o menor facilidad a la divulgación o ya se utiliza para este fin
	Contenido didáctico / uso didáctico	Indica si el rasgo se presta con mayor o menor facilidad a la docencia o ya se utiliza para este fin.
	Posibles actividades a realizar	Informa sobre si el lugar cumple las condiciones para la realización de actividades de ocio o recreativas, o si ya se utiliza para este fin. Ligado también a la potencialidad de uso
DE USO	Infraestructura logística	Informa sobre la existencia de alojamientos y restaurantes
	Entorno socioeconómico	Informa sobre las condiciones socioeconómicas de la comarca, que pueden favorecer la utilización del lugar como factor de desarrollo local
	Asociación con otros elementos del patrimonio natural, histórico o etnológico (tradiciones).	Informa si el lugar goza además de otros elementos de interés no geológico, lo cual puede atraer un mayor número de visitantes
DE USO Y PROTECCIÓN	Densidad de población	Ligado al número potencial de visitas pero también a la mayor posibilidad de actos de vandalismo
	Accesibilidad	Como el anterior, ligado a una mayor facilidad para el acceso de visitantes pero, en contra, a una mayor facilidad para los actos de vandalismo
	Fragilidad intrínseca	Indica la vulnerabilidad intrínseca del lugar, bien por sus dimensiones o por su naturaleza (yacimientos paleontológicos o mineralógicos)
	Cercanía a zonas recreativas	Indica la presencia de zonas de recreo o turísticas cerca del lugar. Ligado tanto al número potencial de visitas como a una mayor posibilidad de actos de vandalismo

### 3.2. Valoración del interés, identificación y delimitación definitiva de los LIG

Dada la diversificación de tipologías de elementos que pueden formar parte del patrimonio geológico y el alto grado de especialización de muchas de estas disciplinas, es difícil que una única persona pueda abarcarlas. Por ello, es una práctica habitual a la hora de elaborar inventarios de LIG el realizar encuestas a especialistas que hayan desarrollado su labor científica en la zona. Gracias a este tipo de cuestionarios pueden identificarse LIG que de otro modo podrían ser obviados (en el Apéndice IV se muestra un ejemplo de un cuestionario de este tipo). Con la información recopilada, la colaboración de los expertos encuestados y el necesario trabajo de campo, el equipo de trabajo procede a valorar todos los LIG resultantes. Cada lugar preseleccionado es puntuado de acuerdo con los parámetros que se han expuesto en la tabla 3.1, a los que se otorgarán diferentes pesos en función de su importancia, como se verá en el capítulo 5, para valorar su interés en cada uno de tres usos posibles: científico, didáctico y turístico-recreativo.

Toda la información recopilada sobre cada uno de los LIG, que sirve además para poder realizar la valoración de su interés, de su susceptibilidad de degradación y de su necesidad de protección, se plasma en una ficha descriptiva para cada uno de los LIG identificados. Se presenta el modelo de ficha en el Apéndice V.

Un elemento fundamental a la hora de integrar los LIG en la protección del patrimonio natural es el conocimiento, lo más exacto posible, de su localización y delimitación. En función del ámbito de actuación del proyecto y, por tanto, de la escala utilizada en su cartografía general, se representará sobre ortofoto o en el mapa topográfico tanto el conjunto de los LIG identificados en el ámbito del proyecto como cada uno de ellos por separado, tal como se recomienda en el capítulo 5.

### 3.3. Valoración de la necesidad de protección de los LIG

Los inventarios de patrimonio geológico están enfocados a la divulgación, protección y conservación de los LIG. El objetivo final en la valoración de los inventarios es evaluar la prioridad de protección de cada elemento patrimonial considerado (LIG) (García-Cortés *et al.*, 2012), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$PP = 1/160.000 \times [(Ic+Id+It)^2 / 3] \times SD$$

La prioridad de protección PP se obtiene mediante el producto del cuadrado del interés I de un LIG por su susceptibilidad de degradación SD. Donde PP es la prioridad de protección, Ic es el interés científico, Id es el interés didáctico, It es el interés turístico o recreativo. Elevar el interés al cuadrado tiene por objeto asignar un mayor peso a éste respecto al factor susceptibilidad de degradación. El cociente 1/160.000 es una constante para normalizar el resultado final. La susceptibilidad de un LIG a la degradación vendrá definida por el producto F x A, donde F es la fragilidad intrínseca y A las amenazas externas, que se normaliza a valores máximos de 400 mediante la fórmula:

$$SD = 1/400 \times (F \times A).$$

Si se consideran las prioridades de protección para uso científico, didáctico y turístico, sus valores se obtendrán mediante las siguientes fórmulas:

$$PPc = 1/160.000 \times Ic^2 \times SD$$

$$PPd = 1/160.000 \times Id^2 \times SD$$

$$PPt = 1/160.000 \times It^2 \times SD$$

Este procedimiento no es, sin embargo, el apropiado en el marco de una EIA. En este caso, la única amenaza externa a considerar es el posible impacto que pueda generar el proyecto objeto de evaluación y los únicos LIG vulnerables son aquellos que puedan resultar afectados por la realización del proyecto.

## 4. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL PATRIMONIO GEOLÓGICO

### 4.1. Actividades del proyecto y sus efectos sobre el patrimonio geológico.

La fase de identificación de impactos será igual y común a la que se realiza en un estudio de impacto ambiental (EslA) completo. En la misma, se deberán especificar los impactos para cada una de las fases principales del proyecto como la de construcción/ejecución, la fase de desarrollo o explotación y la de desmantelamiento. Para ello, será necesario identificar mediante una matriz causa-efecto u otro método, las acciones o actividades del proyecto susceptibles de producir alteraciones significativas o apreciables sobre el patrimonio geológico. El estudio de EIA deberá incorporar una descripción en detalle de dichas acciones y sus efectos, así como una caracterización de los mismos, que servirá como base para la evaluación del impacto y el diseño de medidas para su mitigación.

En los siguientes epígrafes se analiza la tipología de los efectos previsibles según la naturaleza del elemento patrimonial (tipologías de interés) y las distintas actividades consideradas. Entre las acciones de un proyecto que pueden generar alteraciones sobre el patrimonio geológico, podemos destacar las siguientes:

- Desbroce, roturación y preparación del terreno.
- Instalación de cultivos.
- Excavado (mecánico o mediante voladuras), movimiento de tierras y nivelación del terreno.
- Apertura y relleno de zanjas.
- Instalación de conducciones y canalizaciones.
- Instalación y montaje de nuevos equipos.
- Apertura de pistas y caminos.
- Instalación de vías férreas.
- Construcción, ampliación o modificación de carreteras.
- Urbanización.
- Perforación de sondeos y pozos.
- Captaciones de agua superficial y subterránea y afecciones al nivel freático.
- Cruce, represamiento, dragado o canalización de cursos de agua.
- Recarga artificial de agua.
- Vertidos de aguas residuales.
- Emisiones atmosféricas.
- Vertido y/o almacenamiento de residuos.
- Generación de vibraciones por voladuras.
- Almacenamiento y manipulación de productos químicos.
- Ocupación y/o transformación del espacio por instalación de infraestructuras.

Debe tenerse en cuenta, por otra parte, que el patrimonio geológico sólo se manifiesta en aquellos lugares donde aflora en superficie el sustrato rocoso, consolidado o no. No obstante, existen excepciones, como las cavidades kársticas (que pueden aparecer tanto bajo sustrato rocoso como bajo materiales edáficos) o determinados elementos del patrimonio geomorfológico en los que las formas del terreno, aunque estén completamente cubiertas por suelos y vegetación, son suficientes para identificarlos y caracterizarlos. Por tanto, salvo en las mencionadas excepciones, sólo se producirán impactos al patrimonio geológico cuando las actuaciones afecten, directa o indirectamente, a afloramientos del sustrato en los que se aprecien características de interés. Ahora bien, tras la realización de determinadas actuaciones que impliquen el desmonte de superficies exentas de valor patrimonial, pueden aparecer elementos de interés que previamente estaban ocultos y, por tanto, no identificados. Más que de impacto positivo, en estos casos cabría hablar de

descubrimiento de nuevo patrimonio geológico. En los epígrafes siguientes se propondrán también las prácticas a seguir en estos casos.

En la tabla 4.1 se indican, a título orientativo, diversos efectos que estas actividades tienen sobre el patrimonio geológico. En general, se trata de cinco efectos diferentes, de distinta intensidad y alcance según los casos:

- *Ocupación*: aquel que si bien no destruye el LIG, lo oculta por instalar sobre él infraestructuras permanentes o de difícil retirada.
- *Destrucción*: eliminación completa del LIG o, al menos, de las características que lo hacían singular.
- *Erosión*: aumento evidente de los procesos naturales de erosión debido a una modificación antrópica del territorio.
- *Alteración*: modificación del LIG que, sin llegar a ocultarlo, afecta a su valor intrínseco, que será diferente al que tenía antes de realizar la acción.
- *Barrera*: aquel que si bien no afecta al LIG en sí, impide su acceso o lo compartimenta impidiendo acceder o visualizar sus características esenciales.

Tabla 4.1. Actividades y sus efectos sobre el patrimonio geológico.

EFECTOS	ACTIVIDADES (acciones que implican o pueden implicar)	
Ocupación	Ocupación del espacio por instalación de edificios, estructuras, plantas de tratamiento, depósitos, elementos auxiliares, firmes, rellenos, embalses, acopios, estructuras de almacenamiento de residuos (balsas, escombreras, vertederos, etc.), vertidos, descarga de material dragado, etc.	
Destrucción	Desbroce y retirada de suelo	
Erosión	Explanación y compactación del suelo por tránsito de maquinaria, creación de accesos, instalaciones, etc.	
Destrucción	Instalación de elementos barrera que limiten el acceso al LIG (vallados, muros, verjas, carreteras de elevada intensidad de tráfico, etc.)	
Erosión	Excavación (por métodos mecánicos y/o voladura)	Superficiales (desmontes, zanjas, etc.)
Destrucción		Subterráneas (túnel, galerías, etc.)
Destrucción		Subacuáticas (dragado)
Destrucción	Perforaciones	
Alteración	Vibración por voladuras, maquinaria, etc.	
Destrucción	Emisión de material particulado y gases contaminantes a la atmósfera	
Erosión	Modificación de la red hidrográfica, régimen de caudales y parámetros físico-químicos de las aguas superficiales	Canalizaciones, drenajes, embalses, movimientos de tierra, etc.
Alteración		Captación de agua
Destrucción	Modificaciones de las características físicas del acuífero (niveles piezométricos, flujos, límites, composición, turbidez, etc.) y de los parámetros físico-químicos de las aguas subterráneas (composición, temperatura, etc.)	Recarga de agua (desde embalses, lagos, etc.)
Alteración		Realización de zanjas, túneles, drenes, cruce de cursos fluviales, sondeos.
Destrucción	Riesgo de contaminación del agua superficial y subterránea, y de los suelos	Riesgo de contaminación por vertidos accidentales debido al uso, almacenamiento y/o manipulación de productos peligrosos
Alteración		Balsas, vertidos, depósitos o almacenamientos subterráneos de residuos peligrosos (*)
		Uso de productos potencialmente contaminantes (estabilización química del suelo, descongelación química de carreteras, uso de fertilizantes, pesticidas, fitosanitarios, etc.)

(\*) No se valorará si se realiza mediante gestor autorizado.

## 4.2. Impactos según tipologías de interés geológico

A continuación se describen los principales impactos que pueden afectar al patrimonio geológico agrupados según las diferentes tipologías de LIG.

### 4.2.1. Lugares de interés estratigráfico

Como se vio en el apartado 2.2.1, los lugares de interés estratigráfico pueden consistir en secciones o cortes geológicos de referencia, en los que está representado el estratotipo de una determinada formación geológica o de un límite entre dos edades o pisos estratigráficos (lugares de interés estratigráfico *s.s.*), o bien, en estructuras sedimentarias o niveles de estratos que contienen determinados registros paleoambientales o paleoclimáticos, que permiten deducir los procesos y condiciones reinantes en el pasado (lugares de interés sedimentológico). En ambos casos, los lugares pueden verse afectados por actividades que impliquen roturación, ocupación o desmonte de grandes superficies, por afecciones lineales y por actuaciones localizadas que pueden destruir la totalidad o parte del afloramiento, con la subsiguiente pérdida del registro estratigráfico. Por otro lado, las emisiones y depósito de polvo pueden afectar también la integridad de estos lugares, aunque en menor medida, ya que no provocan la destrucción del registro sino que se limitan a empeorar las condiciones de observación.

#### 4.2.1.1. Secciones de referencia y estratotipos

En estos casos la continuidad del registro geológico es una característica esencial que fundamenta el valor del elemento patrimonial y que puede verse comprometida por cualquier actuación que implique la remoción del afloramiento, tanto si es una actuación localizada, lineal o si supone la ocupación o desmonte de grandes superficies. Por tanto, en las secciones de referencia de unidades estratigráficas deberá evitarse toda actuación que provoque la pérdida irreparable de parte de la sucesión sedimentaria. Cabe no obstante contemplar alguna medida compensatoria, como se verá en el epígrafe 5.8.

Si lo comentado es válido para las secciones de referencia, lo es en mayor medida para los estratotipos de límite definidos por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS) en España, que deben gozar de absoluta protección al tratarse de lugares de referencia internacionalmente reconocidos. En estos casos no cabe ni siquiera plantear las medidas compensatorias mencionadas en el epígrafe 5.8, puesto que esto supondría la pérdida de la declaración de estratotipo de límite de la IUGS. Sólo son posibles, por tanto, medidas alternativas a la actuación. Finalmente, por la naturaleza del elemento patrimonial considerado, no existe posibilidad de que la realización de desmontes de superficies lineales o extensas haga aflorar secciones de referencia. Esto no impide que en el futuro sí pudieran definirse en las trazas o desmontes realizados.

#### 4.2.1.2. Estructuras y registros sedimentarios

Las estructuras sedimentarias y los registros de interés contenidos en determinados estratos pueden ser igualmente destruidos por ocupaciones y desmontes, incluso los lineales y localizados. La destrucción puede ser irreparable aunque en algún caso, sin embargo, la apertura de nuevos afloramientos en los frentes de los desmontes o en las cunetas de infraestructuras lineales puede hacer visibles estructuras sedimentarias análogas y sucesiones estratificadas con los mismos registros de interés. Un cuidadoso estudio del terreno afectado por la actuación permitirá plantear o no las medidas compensatorias.

#### 4.2.2. Lugares de interés geomorfológico

De acuerdo con el apartado 2.2.2, los lugares de interés geomorfológicos son fundamentalmente formas y depósitos originados por procesos geomorfológicos. Se trata, por tanto, de rasgos que en unos casos podrán tener más relevancia en el relieve que en otros. Es decir, las afecciones no se refieren solamente a la posible modificación de las características del lugar (fundamentalmente el contenido geológico), sino también a la alteración de su morfología y aspecto original. De esta manera, los lugares de interés geomorfológico afectados por actividades que impliquen modificaciones difícilmente son restaurables, corregibles o compensables. Por otro lado, los elementos geomorfológicos pueden ser rasgos absolutamente determinantes en el paisaje, con lo que su alteración no sólo supone una degradación del patrimonio geológico, sino también del paisaje de una región. Afecciones indirectas como la instalación de infraestructuras que no degraden el lugar pero afecten a su calidad visual, también pueden ser muy negativas.

La diversa naturaleza de los elementos geomorfológicos, que pueden deberse a gran variedad de procesos y desarrollarse sobre diferentes litologías, hace que su vulnerabilidad o sensibilidad a los cambios sea muy variable. Desde una gran estructura como un cañón fluvial hasta una cavidad kárstica con delicados espeleotemas, los elementos geomorfológicos pueden responder de manera muy desigual a los cambios. Las dimensiones de los elementos geomorfológicos pueden ser muy variables, pero en general se trata de rasgos de mediano y gran tamaño, ya que a menudo se agrupan en una misma área elementos similares (por ejemplo, campos de dolinas).

#### 4.2.3. Lugares de interés paleontológico

El patrimonio paleontológico es uno de los tipos del patrimonio geológico más vulnerable al tratarse de yacimientos fósiles, que en la mayoría de las ocasiones son únicos y aparecen en afloramientos con dimensiones reducidas. Ello conduce a que las acciones tendrán un impacto potencial crítico en la mayoría de los LIG de este tipo. Este hecho se agudiza en los yacimientos de fósiles de vertebrados, que son mucho menos abundantes en el registro geológico. También comparte con el patrimonio de interés mineralógico una gran vulnerabilidad frente al expolio por parte de coleccionistas. Por ello, aunque las actuaciones contempladas no afecten directamente a los yacimientos, es conveniente sopesar las consecuencias que pudieran tener para estos LIG si se derivan en una mejor accesibilidad o visibilidad. En este caso habría que proponer medidas correctoras que los protejan directa o indirectamente. La ubicación de los yacimientos paleontológicos *in situ* (patrimonio paleontológico inmueble) les confiere una mayor vulnerabilidad ante la ejecución de cualquier proyecto; y es por ello, que desde la perspectiva de la EIA, adquieran una mayor significación frente al patrimonio paleontológico mueble, esto es, los ejemplares singulares o colecciones de fósiles u otros restos paleontológicos *ex situ*.

#### 4.2.4. Lugares de interés tectónico

La diversa naturaleza de los LIG de interés tectónico de tipo frágil y dúctil, que pueden deberse a gran variedad de procesos y desarrollarse sobre diferentes litologías, hace que su vulnerabilidad o sensibilidad a los cambios sea muy variable. Este patrimonio contiene elementos desde micro a macroestructuras y habrá que evaluar en cada caso particular el impacto de cada una de las acciones programadas.

La destrucción puede ser irreparable en los LIG de menores dimensiones, pero, sin embargo, la apertura de nuevos afloramientos en los frentes de los desmontes o en las cunetas de infraestructuras lineales puede hacer visibles estructuras de igual o mayor valor. Un cuidadoso

estudio del terreno afectado por la actuación permitirá plantear las medidas compensatorias en cada caso.

#### *4.2.5. Lugares de interés petrológico-geoquímico*

En los LIG de interés petrológico-geoquímico y su afección por potenciales impactos ambientales, influye de manera directa la extensión de los afloramientos rocosos. En general, estos LIG suelen ser de gran tamaño, pues en su mayoría son plutones de grandes dimensiones, o estratos con gran continuidad. Pero, en ocasiones, hay afloramientos de rocas únicas que tienen una extensión pequeña y su pérdida o daño hace que sea irreparable, como ocurre con conos y coladas volcánicas de poca extensión o en diques. También hay que tener en cuenta que este tipo de patrimonio geológico es importante y tiene una gran relevancia para el patrimonio histórico-artístico, pues algunos tipos petrológicos se han empleado con gran profusión en monumentos histórico-artísticos. Por ello, se debería contemplar la protección de muchas canteras para futuros trabajos de restauración, como ocurre, por ejemplo, con la Arenisca de Villamayor, ampliamente representada en los monumentos de la ciudad de Salamanca o la caliza de Hontoria empleada en el románico de Burgos.

La destrucción puede ser irreparable aunque en algunos casos, sin embargo, la apertura de nuevos afloramientos en los frentes de los desmontes o en las cunetas de infraestructuras lineales, puede hacer visibles estructuras de igual o mayor valor, como también ocurre con el patrimonio de tipo estratigráfico. Un cuidadoso estudio del terreno afectado por la actuación permitirá plantear las medidas compensatorias que corresponda.

#### *4.2.6. Lugares de interés mineralógico-metalogenético*

Cabe diferenciar, como se hizo en el apartado 2.2.6, los lugares de interés metalogenético, por una parte, y mineralógico por otra, si bien en no pocos casos, unos y otros coinciden.

##### *4.2.6.1. Lugares de interés metalogenético*

Dentro de los lugares de interés metalogenético, un primer grupo de importancia son los restos de masas mineralizadas que afloran en antiguas explotaciones, en general a cielo abierto ya que las de interior no suelen ser visibles en superficie. Sus dimensiones pueden ser muy variadas pero es frecuente que se trate de superficies relativamente extensas, puesto que fueron objeto de explotación minera en fechas más o menos recientes. Se trata, por lo general, de huecos generados por las labores de explotación, limitados por frentes de inclinación variable donde pueden haberse conservado los rasgos metalogenéticos de interés (mineralización y rocas encajantes, relaciones entre ambas, existencia de alteraciones, estructuras tectónicas, etc.). Cualquier actuación que implique el desmantelamiento de estos taludes o su recubrimiento con rellenos de cualquier naturaleza puede provocar un impacto significativo al ocultar estos rasgos de interés. La ventaja en estos lugares es que sus dimensiones y características morfológicas hacen sencilla su identificación, incluso para un no experto.

Otra variante de lugar de interés metalogenético la integran los afloramientos, no necesariamente mineralizados, donde se observan los factores que han controlado la formación de una mineralización situada en un entorno más o menos cercano. Éstos son de más difícil identificación ya que pueden pasar desapercibidos por no haber rastro en ellos de actividad extractiva. Puede tratarse del mismo tipo de roca que la mineralizada en el yacimiento, de un cortejo de filones estériles que se enriquecen en otros lugares, de una estructura tectónica relacionada con la mineralización (fallas, fracturas, zonas de charnela, etc.), de un indicio mineralizado a pequeña escala, etc. En estos casos los impactos por desmonte de grandes superficies, afecciones lineales e

incluso por actuaciones localizadas pueden suponer la pérdida irreparable del lugar de interés geológico.

#### 4.2.6.2. Lugares de interés mineralógico

Estos lugares, donde se encuentran ejemplares de notable interés mineralógico o cristalográfico, suelen ser enclaves de limitada extensión, situados bien en explotaciones mineras que beneficiaron el mismo mineral u otros asociados a éste, bien en indicios aislados que no han sido objeto de beneficio minero. Por sus características son asimilables al segundo grupo del epígrafe anterior, siendo muy sensibles a actuaciones incluso localizadas. Debe recordarse que las mineralizaciones pueden considerarse como una anomalía en la distribución de elementos químicos de la corteza terrestre y, por tanto, son escasos los ejemplos de estos fenómenos. Pero en este caso, además, debe hacerse notar que los lugares de interés mineralógico son muy vulnerables frente al expolio de coleccionistas desaprensivos que los esquilman con fines comerciales. Por ello, aun en el caso de que las actuaciones contempladas no afecten directamente al yacimiento mineralógico, es conveniente sopesar también las consecuencias que pudieran tener para el lugar si de las mismas se deriva una mejor accesibilidad o visibilidad.

#### 4.2.7. Lugares de interés hidrogeológico

El patrimonio hidrogeológico se encuentra integrado por los lugares de interés hidrogeológico *sensu stricto* y por los lugares de interés hidrogeológico de tipo paisajístico. La tipología de impactos que pueden afectar a este tipo de patrimonio es muy variada dependiendo de las acciones específicas que forman parte de un proyecto. En cualquier caso, dichas afecciones pueden agruparse en: modificaciones de las características físicas del acuífero (variaciones en los niveles piezométricos, dinámica del flujo de agua subterránea, alteración de los límites o contorno del acuífero, etc.) y alteración de los parámetros físico-químicos del agua subterránea. Estas afecciones pueden modificar las características de un acuífero e incrementar el riesgo de contaminación, pudiendo afectar al uso actual o potencial de dichos recursos hídricos y a su valor patrimonial.

El patrimonio hidrogeológico puede sufrir impactos sobre elementos concretos y representativos de un acuífero, con un valor patrimonial muy específico, aunque dicha afección no repercuta sobre la totalidad del sistema hidrogeológico. Como ejemplo de este tipo de impactos se puede proponer la afección a lugares emblemáticos como el Ullals de Baltasar en el Delta del Ebro o a manantiales que aportan grandes caudales de agua subterránea, como el manantial de Arteta (Navarra), o a pequeños manantiales emblemáticos como la Fuente de los Geólogos en el Puerto de Navacerrada (Sistema Central). Además de estos impactos de carácter puntual, adquieren especial relevancia las afecciones derivadas de actividades capaces de alterar una gran superficie representativa de un acuífero o de un paisaje relacionado con procesos hidrogeológicos. El impacto sobre este tipo de patrimonio puede ser de una gran magnitud e intensidad. Un ejemplo de ello son las afecciones a Las Tablas de Daimiel (Parque Nacional) provocadas por la sobreexplotación, para regadío, de la unidad hidrogeológica 04.04 (Mancha occidental).

Por último, no hay que olvidar que el impacto sobre un acuífero puede observarse inmediata y directamente sobre el propio acuífero o advertirse con cierto retardo en el tiempo y a cientos de kilómetros de donde se ha producido la afección, o incluso sobre otros acuíferos asociados con el afectado.

## 5. METODOLOGIA PROPUESTA

### 5.1. La Evaluación de Impacto Ambiental y el patrimonio geológico

El proceso de análisis encaminado a predecir los impactos ambientales derivados de la ejecución de un proyecto o el desarrollo de una actividad se denomina Evaluación del Impacto Ambiental (EIA). Dicho análisis permite cuantificar las transformaciones que un determinado proyecto provocará sobre el medio ambiente y, por lo tanto, permitirá orientar las decisiones a tomar al respecto, que incluyen la aceptación, modificación o rechazo de dicho proyecto.

La EIA tiene como objetivo la identificación, cuantificación y mitigación, de manera preventiva y/o correctiva, de los diferentes impactos de una política, acción o proyecto. El patrimonio geológico y los lugares que lo constituyen forman parte del patrimonio natural, tal y como se ha descrito en el capítulo 2. Teniendo en cuenta que la mayor parte de los LIG son de naturaleza no renovable, la prevención constituye una de las principales herramientas de la geoconservación, puesto que en la mayoría de los casos las transformaciones realizadas en ellos por el hombre son irreversibles. Precisamente, las evaluaciones de impacto ambiental son los principales mecanismos de planificación del desarrollo mediante la prevención. Por ello, se considera vital la consideración del patrimonio geológico como potencial elemento receptor de impactos y su incorporación en las evaluaciones de impacto ambiental.

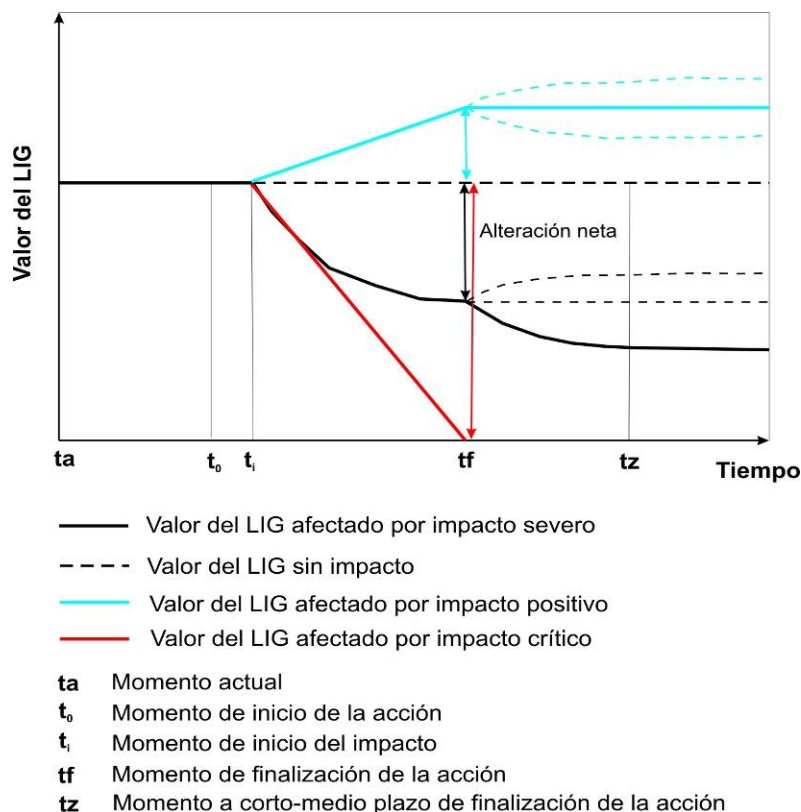


Figura 5.1. Variación del valor de un lugar de interés geológico (LIG) en función del tipo de impacto que pudiera generar un proyecto. Modificado de Conesa (1993).

El impacto de un proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia existente entre su situación una vez ejecutado un proyecto y su situación previa, tal y como habría evolucionado sin la realización del mismo (Conesa, 1993). Teniendo en cuenta que los LIG se refieren generalmente a enclaves

con procesos geológicos inactivos o de intensidad baja a escala de tiempo humana, en la mayoría de los casos el impacto podría considerarse como la diferencia en el estado de conservación de un lugar antes y después de haberse ejecutado un proyecto. Dicha alteración se puede apreciar en forma gráfica en la figura 5.1, pudiendo resultar negativa (figura 5.2) o positiva (figura 5.3).



Figura 5.2. Ejemplos de impactos negativos sobre el patrimonio geológico. Arriba: Dolinas de subsidencia kárstica del paraje de las Hundas en Arcones (Segovia), donde se originaban pequeñas lagunas por ascenso del nivel freático en épocas de lluvia, cubiertas actualmente por los vertidos y acopios de una explotación de áridos. Abajo: Represamiento artificial de las lagunas glaciares y notable afección por la construcción de carreteras y pistas forestales sobre morrenas o depósitos glaciares, en la Sierra de Neila (Burgos). Imagen modificada de *Google Maps*.



Figura 5.3. Ejemplos de impactos positivos sobre el patrimonio geológico. Arriba: *Yacimiento de homínidos del Pleistoceno de Atapuerca (Patrimonio de la Humanidad). Descubierta tras abrirse la trinchera de un ferrocarril minero.* Abajo: *Espectaculares pliegues sinsedimentarios puestos al descubierto al abrir un talud en la autovía Jaén-Granada.*

En la figura 5.4 se muestra de manera gráfica un esquema de la metodología propuesta en esta guía para la evaluación del impacto ambiental sobre el patrimonio geológico derivado de la ejecución de proyectos. Dicha metodología consta de tres fases: una primera fase en la que se estudia el ámbito territorial de afección del proyecto; una segunda fase de identificación, caracterización y valoración del interés del patrimonio geológico que pudiera verse afectado o mérito de conservación; y por último, una tercera fase de evaluación del impacto o alteración que pudiera experimentar dicho patrimonio, y diseño de las medidas de intervención para eliminar o reducir hasta un nivel aceptable dicho impacto. El resultado final de esta fase informará sobre la viabilidad o no del proyecto respecto a la protección del patrimonio geológico.

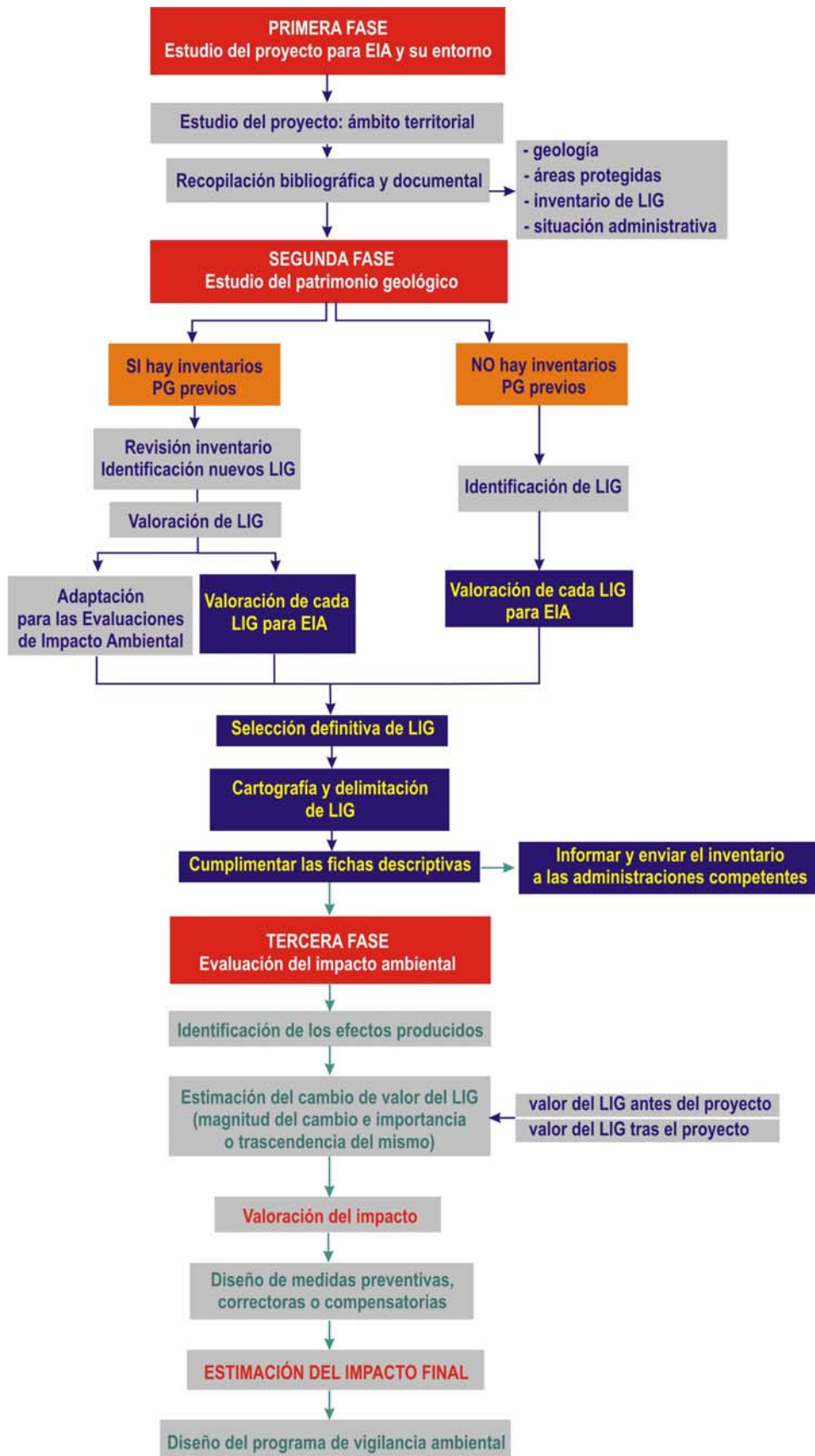


Figura 5.4. Diagrama de flujo con las diferentes fases a seguir en las evaluaciones de impacto ambiental que afectan al patrimonio geológico.

## 5.2. Antecedentes

Hay pocos trabajos que hayan profundizado en el papel que el patrimonio geológico puede jugar en las evaluaciones de impacto ambiental. En general, se trata de referencias muy generales que no proponen una metodología específica. Los trabajos que sí han abordado y profundizado en esta cuestión se han referido exclusivamente al patrimonio de tipo geomorfológico, centrándose en el análisis de aspectos relacionados con la cartografía (Alkema *et al.*, 2000), la vulnerabilidad de los afloramientos (Kvaerner *et al.*, 2006) o su marco conceptual (Cendrero y Panizza, 1997; Cavallin *et al.*, 1994; Bruschi, 2007). De todos ellos, el único que propone una metodología concreta es el de Bonachea *et al.* (2005) quienes proponen evaluar el interés de los LIG geomorfológicos afectados, de manera individual, antes de ejecutar el proyecto y después, para posteriormente evaluar de manera conjunta la pérdida de valor y establecer el tipo de impacto e intensidad producido por una obra lineal. A grandes rasgos, la filosofía de esta metodología no difiere mucho de la que se propone en este manual, aunque en detalle se puede comprobar que existen claras diferencias, como por ejemplo, al elegir los criterios de valoración de los LIG y en la realización del diagnóstico final, como se verá más adelante.

## 5.3. Primera fase: estudio del ámbito territorial de afección del proyecto.

Como en toda EIA, el primer paso es realizar un estudio del proyecto e identificar el ámbito territorial o dominio geológico que pudiera verse afectado.

### 5.3.1. Recopilación bibliográfica y documental

Una vez identificado el dominio geológico o el ámbito territorial en el que se acomete el proyecto, la primera tarea que debe afrontar el equipo de trabajo es la recopilación bibliográfica y documental. La información a analizar debe centrarse en cinco temáticas fundamentales:

- Información disponible sobre las características geológicas del área en estudio, con un carácter pluridisciplinar, así como sobre su evolución geodinámica y la presencia de procesos geológicos activos. Esta información incluye no sólo la cartografía geológica MAGNA u otra de más detalle que pudiera existir, sino también publicaciones científicas y tesis doctorales sobre la zona. Servirá no solamente para tomar conciencia de los LIG que pueden aparecer en el ámbito del proyecto, sino también para seleccionar el equipo de asesores científicos que, en su caso, deberían prestar su apoyo a los promotores del proyecto.
- Información relativa a los espacios naturales protegidos y otros elementos de interés, tanto naturales como del patrimonio histórico, cultural o etnológico, así como a las normativas legales relativas a todos ellos. Su interés radica en conocer cuál puede ser el nivel de protección de los elementos identificados.
- Inventarios oficiales existentes o posibles trabajos científicos de inventario de LIG en la zona, de modo que se aproveche todo trabajo realizado con rigor en este campo.
- Libros-guía de excursiones científicas y de congresos realizadas en la región, tales como las Geo-guías publicadas por la Sociedad Geológica de España, así como otras guías de la naturaleza o de espacios naturales protegidos que tengan un rigor científico suficiente.
- La información a recabar no se limitará a las características geológicas de estos elementos, sino que tratará igualmente de la situación de los mismos en el planeamiento urbanístico de cada municipio y el régimen de propiedad del suelo, situación demográfica e infraestructura logística del entorno, etc.

#### *5.4. Segunda fase: estudio del patrimonio geológico*

La segunda fase consiste en el estudio del patrimonio geológico, identificando los LIG ubicados en la zona de estudio y, posteriormente, afrontando su valoración.

##### *5.4.1. Identificación de los LIG*

El equipo de trabajo deberá identificar, si es necesario por sus propios medios, los posibles LIG a considerar en el proyecto. Se deberá poner especial atención cuando no exista un inventario oficial en la región o, aun cuando éste exista, no contemple ningún elemento en la zona afectada por el proyecto. Por otra parte, dado el enfoque generalmente regional de los inventarios existentes, la presencia de nuevos elementos o lugares de interés a escala del proyecto será un hecho probable. En todos estos casos, la identificación de los elementos geológicos con méritos para ser considerados LIG será un proceso indispensable, bien porque no exista ningún inventario previo o porque sea necesaria una revisión del mismo. Asimismo, es recomendable que el equipo de trabajo solicite el asesoramiento de expertos en la geología de la región considerada. Esta solicitud debería ir acompañada de un cuestionario preliminar para su cumplimentación, cuyo modelo se presenta en el Apéndice IV.

La identificación de los LIG, por parte del equipo de trabajo y los colaboradores expertos, se fundamentará en la aplicación de los parámetros de valoración expuestos en la tabla 3.1. El equipo de trabajo deberá reflexionar sobre si los rasgos geológicos visibles en el ámbito de actuación del proyecto tienen valor patrimonial y, por tanto, si pueden considerarse LIG. En esta primera etapa, se incidirá en la posible existencia de valor o interés, dejando para una fase posterior la valoración o cuantificación de ese interés.

De un modo práctico, para considerar de interés un determinado rasgo geológico, se deberá responder a una serie de preguntas que pretenden poner en evidencia el valor intrínseco o de uso del elemento en cuestión, así como su susceptibilidad de degradación. En función de las respuestas el rasgo geológico podrá, o no, considerarse lugar de interés. A continuación se expone dicho cuestionario:

#### *Aspectos a considerar para identificar el interés intrínseco:*

1. ¿El rasgo o el sitio es representativo del entorno geológico del proyecto?
2. ¿Ilustra adecuadamente sus características geológicas?
3. ¿Existen publicaciones científicas sobre este rasgo o sitio en particular?
4. ¿El rasgo puede considerarse como lugar de referencia desde el punto de vista estratigráfico, paleontológico, tectónico, petrológico o mineralógico?
5. ¿Es el rasgo fácilmente observable en su estado actual?
6. ¿Se trata de un rasgo poco frecuente en el entorno?
7. ¿Se trata de un rasgo o sitio de gran calidad visual o belleza?

8. ¿Cómo se podría describir su estado de conservación?

- a) Favorable: el rasgo en cuestión se encuentra bien conservado.
- b) Favorable pero con alteraciones: no se presenta en su estado natural, pero esto no afecta de manera determinante al valor o interés del elemento.
- c) Alterado: diversos deterioros han alterado su estado de conservación, lo que afecta parcialmente al valor o interés del rasgo.
- d) Degradado: el rasgo muestra alteraciones importantes aunque conserva cierto valor o interés.
- e) Fuertemente degradado: implica la práctica destrucción del rasgo sin posibilidad de restauración.

Si se ha respondido afirmativamente a alguna de las preguntas 1 a 7 y en la pregunta 8 la respuesta no es la e), puede considerarse que el rasgo o sitio presenta interés científico.

#### *Aspectos a considerar para identificar el interés por su posible uso*

- 9. ¿Se presta el rasgo o sitio, con mayor o menor facilidad, a la docencia, bien escolar o bien universitaria?
- 10. ¿Se utiliza ya para fines docentes?
- 11. ¿Se presta el rasgo, con mayor o menor facilidad, a la divulgación?
- 12. ¿Se utiliza ya para fines divulgativos?
- 13. ¿Presenta el rasgo condiciones para la realización de actividades de ocio o recreativas?
- 14. ¿Se utiliza ya para realizar actividades de ocio o recreativas?
- 15. ¿Es el rasgo fácilmente accesible?

Si se ha respondido afirmativamente a alguna de las preguntas 9 a 14, el rasgo presenta un interés didáctico o recreativo, que será matizable en función de las contestaciones a la pregunta 15.

#### *5.4.2. Valoración del interés de los LIG identificados*

Una vez identificados los LIG potenciales del entorno afectado por el proyecto, será necesario valorar el grado de interés de cada uno de ellos. El resultado de la valoración permitirá determinar si definitivamente los elementos geológicos evaluados deben ser considerados LIG o no. El valor del LIG obtenido en esta fase representa la situación previa a la ejecución de un determinado proyecto, y constituye el valor de referencia para poder estimar posteriormente el impacto, entendiendo éste como un cambio de valor.

La valoración del patrimonio geológico se realiza habitualmente, y a partir de diversos trabajos (Cendrero, 1996; García-Cortés y Carcavilla, 2009), considerando tres clases de aspectos: 1) valor intrínseco, 2) valor ligado a la potencialidad de uso y 3) valor ligado a la susceptibilidad a la degradación, tal y como se describe en el Capítulo 3, apartado 3.1. Esta valoración atendiendo a tres aspectos diferentes por separado permite orientar las principales medidas de gestión, referentes a asegurar la conservación del LIG y aprovechar su potencial científico, didáctico y turístico.

Sin embargo, para la evaluación del impacto ambiental esta valoración puede simplificarse porque el objetivo no es orientar su gestión en un sentido amplio, sino evaluar específicamente su posible transformación por la ejecución de un proyecto. Esta es una diferencia fundamental con la propuesta realizada por Bonachea *et al.* (2005), quienes proponen utilizar un sistema de valoración

igual que el que se utiliza para los inventarios de patrimonio geológico. El objetivo de la valoración será identificar qué le hace especial y cómo puede cambiar su interés tras la ejecución de dicho proyecto. Por ello, se propone un método de valoración más simple que atienda a dos factores: 1) valor intrínseco del LIG y 2) valor de uso del LIG. El primero de ellos se refiere al valor científico del elemento (dominado por la singularidad) y el segundo se refiere a sus posibles aplicaciones didáctico-turísticas o de otro tipo. Aunque es más riguroso realizar esta evaluación considerando de manera independiente los criterios del valor intrínseco y los del valor de uso del LIG, se considera aquí más conveniente, por criterios de simplificación operativa, realizarla de manera conjunta.

De este modo, con la información recopilada, la colaboración de los expertos encuestados y el necesario trabajo de campo, el equipo evaluador procederá a valorar todos los lugares potenciales de interés geológico que pudieran verse afectados aplicando el método de valoración de LIG, simplificado para EIA. Análogamente a como se procedió para la identificación de los LIG, en el método propuesto se aborda la valoración de su interés global o mérito de conservación mediante el establecimiento de una batería de preguntas, agrupadas en parámetros, a los que se les ha asignado un coeficiente de ponderación en función del peso o importancia relativa de cada uno de ellos respecto al valor total, tal y como se recoge en las tablas 5.1 y 5.2. El valor global de un LIG se obtendrá de la suma ponderada de los valores asignados a cada uno de los parámetros contemplados.

Cada uno de estos parámetros se puntuará con 1, 2 ó 4 puntos (el valor 0 se atribuirá en cada parámetro cuando el lugar no alcance el interés mínimo valorado con 1 punto). Estas puntuaciones se ponderarán por los coeficientes expresados en la tabla 5.1 para obtener el valor global (Vg) del LIG, que será la suma ponderada de las puntuaciones obtenidas en cada parámetro, tal como se presenta en la tabla 5.2. De este modo, los elementos geológicos que obtengan valores iguales o superiores a 270 puntos serán considerados lugares de muy alto interés geológico, los que tengan valores entre 135 y 269 serán de interés alto, y los que tengan puntuaciones entre 134 y 70 serán de interés medio. Los elementos geológicos que no alcancen la cifra de 70 puntos serán de bajo interés y no se considerarán LIG.

Por tanto, de acuerdo con la metodología de valoración simplificada propuesta, los LIG tendrán un valor muy alto, alto o medio. A pesar de que no es posible que un LIG tenga valor bajo (no sería considerado como tal) estos lugares valorados con menos de 70 puntos deben tenerse en cuenta en aquellas actuaciones que, produciendo un impacto positivo, puedan dar lugar al aumento de valor y, por tanto, a la aparición de nuevos LIG.

Tabla 5.1. Resumen de los coeficientes de ponderación utilizados para cada parámetro. Desarrollo en la tabla 5.2.

Parámetros	Peso
Representatividad	15
Carácter localidad tipo	5
Estado de conservación	20
Condiciones de observación	25
Rareza	5
Contenido didáctico	5
Accesibilidad	10
Espectacularidad o belleza	10
Contenido divulgativo	5
<b>Total peso</b>	<b>100</b>

Tabla 5.2. Cuadro de valoración del interés global de los LIG.

Parámetros	Puntos	Valor global
<b>Representatividad</b>		
¿Es el rasgo útil como modelo para representar parcialmente un elemento o un proceso geológico?	1	x 15
¿Es útil como modelo para representar, en su globalidad, un elemento o un proceso geológico?	2	x 15
¿Es el mejor ejemplo conocido, a nivel de la región o comarca, para representar en su globalidad, un elemento o un proceso geológico?	4	x 15
<b>Carácter de localidad tipo</b>		
¿Es el lugar una localidad de referencia regional?	1	x 5
¿Es una localidad de referencia (metalogénica, petrológica, mineralógica, tectónica, estratigráfica, etc.) utilizada internacionalmente, o una localidad tipo de fósiles o biozonas de amplio uso científico?	2	x 5
¿Es un estratotipo aceptado por la IUGS ( <i>International Union of Geological Science</i> ) o localidad tipo de la <i>International Mineralogical Association</i> ?	4	x 5
<b>Estado de conservación</b>		
¿Presenta el rasgo deterioros que impiden apreciar algunas de sus características de interés?	1	x 20
¿Presenta algunos deterioros pero que no afectan de manera determinante al valor o interés del rasgo?	2	x 20
¿Se encuentra el rasgo en cuestión bien conservado, prácticamente íntegro?	4	x 20
<b>Condiciones de observación</b>		
¿Existen elementos que enmascaran el rasgo y que impiden apreciar algunas de sus características de interés?	1	x 25
¿Existe algún elemento pero que no impide observar el rasgo en su integridad, aunque sea con dificultad?	2	x 25
¿Es el rasgo perfectamente observable en su integridad con facilidad?	4	x 25
<b>Rareza</b>		
¿Es el rasgo uno de los escasos ejemplos conocidos a nivel regional o comarcal?	1	x 5
¿Es el único ejemplo conocido a nivel regional o comarcal?	2	x 5
¿Es el único ejemplo conocido a nivel nacional?	4	x 5
<b>Contenido didáctico / uso didáctico detectado</b>		
¿Ilustra el rasgo contenidos curriculares universitarios?	1	x 5
¿Ilustra contenidos curriculares de cualquier nivel del sistema educativo?	2	x 5
¿Está siendo utilizado habitualmente en actividades didácticas de cualquier nivel del sistema educativo?	4	x 5
<b>Accesibilidad</b>		
¿El rasgo tiene un acceso directo por pista sin asfaltar pero transitable?	1	x 10
¿Tiene acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para turismos?	2	x 10
¿Tiene acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para autocar?	4	x 10
<b>Espectacularidad o belleza</b>		
¿Tiene el rasgo una amplitud de relieve media, presenta lámina de agua visible o notable diversidad cromática (una sola de las tres)?	1	x 10
¿Presenta dos de las anteriores características?	2	x 10
¿Presenta las tres características mencionadas?	4	x 10
<b>Contenido divulgativo / uso divulgativo detectado</b>		
¿Ilustra el rasgo de manera clara y expresiva a colectivos de cierto nivel cultural?	1	x 5
¿Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cualquier nivel cultural sobre la importancia o utilidad de la Geología?	2	x 5
¿Está siendo utilizado habitualmente para actividades divulgativas?	4	x 5
<b>SUMA</b>		<b>Vg</b>

#### 5.4.3. Cartografía y delimitación de los LIG

Es fundamental, con vistas a la evaluación del impacto ambiental de proyectos sobre el patrimonio geológico, el conocimiento lo más exacto posible de la localización de los LIG y su delimitación. Los estudios de EIA deberán incluir:

- Cartografía del conjunto de LIG que pudieran verse afectados por el proyecto. En función del ámbito de actuación del mismo y, por tanto, de la escala utilizada en su cartografía general, se propone la delimitación de los LIG identificados sobre una ortofoto, o bien, sobre un mapa topográfico según los criterios de la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Relación entre la escala del plano general de representación del proyecto y el soporte y la precisión de la cartografía de los LIG

Escala del plano general de representación del proyecto	Soporte de representación	Precisión
1:5.000	Ortofoto	2,5 m
1:25.000	Mapa topográfico	12,5 m
1:50.000	Mapa topográfico	25 m
1:200.000	Mapa topográfico	100 m

- Representación cartográfica individualizada de cada LIG. La escala de representación estará en función de su tamaño y su delimitación deberá realizarse de acuerdo con lo indicado en la tabla 5.4

Tabla 5.4. Relación entre la superficie "S" de los LIG identificados con la escala, el soporte y la precisión cartográfica de su delimitación

Superficie del LIG	Escala	Soporte de representación	Precisión
$S \leq 1$ ha	1:2.000	Ortofoto	1 m
$1 \text{ ha} < S \leq 50$ ha	1:5.000	Ortofoto	2,5 m
$50 \text{ ha} < S \leq 1.000$ ha	1:25.000	Mapa topográfico	12,5 m
$S > 1.000$ ha	1:50.000	Mapa topográfico	25 m

#### 5.4.4. Fichas descriptivas

La ficha descriptiva de los LIG identificados sirve para recoger toda la información disponible sobre cada uno de ellos. Aunque la valoración realizada para la EIA es más simple que la habitualmente llevada a cabo en los inventarios de patrimonio geológico, en el Apéndice V se adjunta la ficha estándar utilizada en éstos. En ella se incluyen los criterios para evaluar no sólo su interés científico, sino también su potencialidad de uso y su susceptibilidad de degradación. En la medida de lo posible, sería recomendable que los LIG identificados en las EIA y que no estuvieran recogidos en inventarios previos, tuvieran dicha ficha para que fuera enviada a la Consejería competente en conservación del patrimonio natural, para su inclusión en los inventarios/catálogos autonómicos. De esta manera las EIA no sólo serían útiles para evitar la afección de LIG, sino también para identificarlos.

### 5.5. Tercera fase: evaluación del impacto ambiental

Una vez identificados y valorados los LIG, se procede a la identificación, caracterización y valoración de los impactos previsibles que pudiera generar un proyecto sobre los mismos. Existen numerosas metodologías para llevar a cabo la evaluación del impacto ambiental. Todas ellas tienen como objetivo último una predicción, cualitativa o cuantitativa, sobre la forma y grado en que un proyecto repercutirá sobre el entorno, en este caso concreto sobre el patrimonio geológico, y por ello, es de esperar que la incertidumbre esté presente en algunos de los parámetros involucrados en su evaluación.

El impacto podría definirse como la diferencia entre el valor patrimonial de un lugar de interés geológico antes y después de la ejecución de un proyecto. Por ello, una vez que se ha determinado el valor de un LIG, es necesario estimar el cambio que se prevé que tendrá lugar en el mismo. Para ello, y en una primera etapa tal y como se ha descrito en el apartado 4.1, es necesario conocer mediante una matriz causa-efecto u otro método, las acciones del proyecto susceptibles de producir modificaciones sobre dicho patrimonio e identificar los efectos significativos previsibles. Posteriormente, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del patrimonio geológico que pudiera verse afectado por el proyecto, se efectuará la caracterización de los efectos que supone y la valoración del impacto antes y después de la aplicación de medidas preventivas, correctoras y compensatorias. Por último, es necesario diseñar un plan de vigilancia que garantice la efectividad de las medidas propuestas. El resultado final del proceso de evaluación deberá informar sobre la viabilidad o no del proyecto, desde el punto de vista de la protección del patrimonio geológico.

### *5.5.1. Vulnerabilidad de los LIG*

No todos los LIG muestran la misma susceptibilidad a la degradación, entendida como la sensibilidad a experimentar cambios (generalmente de signo negativo) por la acción antrópica. Habitualmente, la susceptibilidad a la degradación o vulnerabilidad se estima mediante el cálculo de dos variables: 1) fragilidad intrínseca del LIG, debida a características propias (entre las cuales su tamaño o dimensión son un factor clave) y que son generalmente estables a largo plazo; y 2) una serie de factores externos, que por el contrario pueden ser variables en el tiempo, y que se refieren a las amenazas a las que está sometido el LIG. En función de su susceptibilidad a la degradación los LIG podrían ser calificados como: muy resistentes, resistentes, moderadamente frágiles, frágiles o muy frágiles.

A priori, para la EIA debería contemplarse esta vulnerabilidad, pues condiciona en gran medida el grado de transformación que puede experimentar un LIG ante la ejecución de un determinado proyecto. No obstante, en la metodología propuesta, este aspecto queda reflejado y contenido en la estimación de la magnitud o grado de transformación del valor patrimonial del LIG afectado. Es por ello que en dicha metodología no se incluye de forma expresa como un criterio para la caracterización y evaluación del impacto. Por otra parte, la estimación de las amenazas externas no tiene sentido en las EIA, puesto que el propio estudio se realiza porque existe una amenaza real cuya incidencia debe ser evaluada.

### *5.5.2. Identificación y caracterización de los efectos del proyecto sobre los LIG*

Tal y como se ha señalado anteriormente, el primer paso en el proceso de evaluación es conocer qué acciones del proyecto son las que con mayor probabilidad pueden afectar al patrimonio geológico, e identificar las alteraciones que pueden generar sobre el mismo. Hay que señalar que desde el punto de vista de la EIA interesa identificar aquellos efectos considerados significativos, entendiendo como tales aquellas modificaciones que produzcan o puedan producir en el futuro repercusiones apreciables sobre el patrimonio geológico, en consonancia con lo establecido por el Reglamento de EIA (RD 1131/1988). Son este tipo de afecciones las que pueden generar impactos, en contraposición con los efectos definidos como mínimos o no significativos y, por lo tanto, no impactantes.

El Reglamento de EIA y los trabajos realizados por los especialistas definen, además, una serie de atributos para la caracterización de dichos efectos que, de manera general, son útiles para el caso del patrimonio geológico. Sin embargo, tanto los definidos en el Reglamento como los obtenidos en la bibliografía, deben ser matizados para adaptarse al patrimonio geológico. La causa principal se debe a que estos parámetros fueron diseñados para ser aplicados en sistemas ambientales de

naturaleza renovable. Esto provoca que dichos atributos en la mayoría de los casos, cuando se emplean para el patrimonio geológico, actúen solamente como factores atenuantes, pero en pocas ocasiones serán determinantes. Por el contrario, el factor que adquiere especial relevancia es la *magnitud* del cambio, que en muchos casos va a tener, en combinación con el valor del LIG, una correspondencia directa con el impacto.

La caracterización de los efectos potenciales sobre el patrimonio geológico, teniendo en consideración también los criterios establecidos por el marco normativo (RD 1131/1988), se realizará a partir de dos componentes: a) grado de transformación o magnitud del cambio experimentado, y b) otra serie de atributos o parámetros que podrían agruparse bajo el término de importancia o trascendencia de dicho cambio. Estos últimos tienen por objeto describir la severidad y forma de alteración que produce una determinada acción, su persistencia, su carácter reversible o no y las posibilidades de recuperación. Algunos de estos atributos van a ejercer un papel ponderador de la magnitud frente a otros con escasa o nula incidencia; mientras que otros parámetros van a informar sobre la efectividad y la posibilidad de introducción de medidas de intervención. Todos estos criterios se describen a continuación:

#### **a) Magnitud.**

El grado de transformación o la magnitud del cambio que pudiera experimentar un LIG por las actividades proyectadas van a ser función de dos parámetros:

1. *Intensidad* que puede definirse como el grado de incidencia o de destrucción que tiene la actuación sobre el LIG. Cabe considerar cuatro categorías: total, alta, media y baja.

2. *Extensión* o superficie y/o localización de la afección respecto al LIG, pudiéndose definir cinco categorías (Conesa, 1993, 1997): puntual, parcial, extrema, total y ubicación crítica. La primera de ellas corresponde a un efecto muy localizado, mientras que el resto ponen de relieve si la extensión de la afección abarca una parte de la superficie, una gran parte o toda su área, o bien, si la alteración se produce sobre un punto crítico o de extrema sensibilidad del lugar de interés geológico.

La combinación de ambos parámetros, junto con la vulnerabilidad intrínseca del patrimonio geológico afectado, permite evaluar la magnitud del cambio o grado de transformación.

#### **b) Atributos o parámetros para calcular la importancia o trascendencia de los cambios.**

##### *1. Naturaleza o signo.*

En la inmensa mayoría de los casos el signo de la transformación será negativo, es decir, que implicará una pérdida de valor que podrá tener diferente grado de magnitud. Sin embargo, también existe la posibilidad de que el signo sea positivo, y como resultado de la ejecución del proyecto mejore el valor de un LIG. Por tanto, según su naturaleza podrá ser:

- *Signo positivo*: aquel admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costes y beneficios genéricos y de las externalidades de la actuación contemplada.
- *Signo negativo*: aquel que se traduce en pérdida de valor científico, didáctico o turístico/recreativo del LIG, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica que tiene el LIG.

## 2. Inmediatez o relación causa-efecto

El Reglamento de EIA define efecto directo como aquel que tiene una incidencia inmediata en algún aspecto ambiental, mientras que un efecto indirecto es aquel que supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia, o, en general, respecto a la relación de un sector ambiental con otro. En el caso del patrimonio geológico, esta relación causa-efecto se define como:

- *Directa*: cuando la alteración afecta directamente al LIG, modificando su valor.
- *Indirecta*: cuando el LIG es afectado indirectamente por alteraciones que pueden modificar las condiciones de acceso, visibilidad, visita o cualquier otra característica similar. Algunos ejemplos podrían ser: el efecto barrera o de aislamiento que imposibilite el acceso al LIG; la instalación de una cubierta, como una malla u otro elemento, que impida su visión; o bien, la instalación de infraestructuras que hagan desaconsejable, dificulten o imposibiliten su visita, etc.

## 3. Interrelación de acciones y/o efectos

Teniendo en consideración las interrelaciones que pudieran existir entre las actividades proyectadas así como entre las posibles alteraciones que pudieran afectar a un LIG, y de acuerdo con el imperativo legal del Reglamento de EIA, es posible caracterizar los efectos en (Conesa, 1993, 1997):

- *Simples*, esto es, sin efectos acumulativos, ni de generación de nuevos efectos.
- *Acumulativos*, si el efecto incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga en el tiempo la acción que lo genera. Este tipo de afección pone de relieve la incapacidad del elemento afectado para eliminar dicho efecto a la tasa en que éste se produce.
- *Sinérgicos*, cuando el efecto conjunto de varias acciones conlleva una incidencia mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

Es evidente que efectos acumulativos o sinérgicos pueden incrementar la magnitud del grado de transformación o cambio de valor. Un ejemplo de efecto acumulativo sobre el patrimonio geológico podría ser la persistencia de emisión de polvo en el tiempo, que afectaría a aquellos afloramientos con rasgos de pequeñas dimensiones. Un efecto sinérgico sería el reforzamiento del impacto sobre una formación tobácea si junto a su destrucción directa se añade la posible disminución del caudal de aguas bicarbonatadas que la genera.

## 4. Plazo o momento del efecto

El plazo de la manifestación del impacto se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición en escena de una acción o intervención humana y el comienzo de alteraciones o efectos sobre un factor ambiental determinado. Según esto, podrá definirse como efecto a corto, medio y largo plazo aquél cuya incidencia puede manifestarse dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual, antes de cinco años o en un período superior, respectivamente. Prácticamente, en todos los casos, el efecto sobre el patrimonio geológico se producirá a corto plazo, salvo por ejemplo, en determinados elementos de tipo hidrogeológico afectados por posibles descensos de niveles piezométricos o de caudales, o por procesos contaminantes, que pueden manifestarse a más largo plazo.

## 5. Persistencia

La persistencia corresponde al tiempo durante el cual un impacto será efectivo desde su aparición hasta que el medio regrese a sus condiciones iniciales, bien sea por la introducción de medidas de remediación o por la actuación de los mecanismos propios de recuperación de la naturaleza. Se refiere tanto a modificaciones de la estructura como de la función del LIG. Se distinguen dos tipos de efectos:

- *Efecto temporal*: aquel que no es permanente o constante en el tiempo, pudiéndose distinguir tres tipos:
  - *Efecto fugaz*: aquel que tiene una duración inferior a un año.
  - *Efecto temporal*: si la duración del mismo está entre uno y tres años.
  - *Efecto pertinaz*: si dura entre cuatro y diez años.
- *Efecto permanente*: aquel que permanece en el tiempo por espacio de diez o más años.

Un efecto permanente sobre el patrimonio geológico podría ser la ocultación de una morfología de interés por una repoblación forestal, o de una estructura en el frente de un talud por el gunitado del mismo o, como caso extremo, su destrucción. Como ejemplo de efecto temporal fugaz cabe señalar la interrupción del acceso a un afloramiento por la apertura de pistas temporales de servicio a determinadas obras. La ocupación del espacio donde se ubica un lugar de interés geológico por vertidos de tierras, escombros u otro tipo de residuos, o por instalaciones o edificaciones asociados al proyecto podrá ser de carácter: temporal (fugaz, temporal o pertinaz) o permanente en función del tiempo de permanencia que se haya considerado en el diseño del mismo. La persistencia de un efecto contaminante potencial sobre un elemento patrimonial de tipo hidrogeológico va a ser también muy variable, dependiendo de su vulnerabilidad y capacidad de autodepuración, o de las posibilidades de recuperación. En cualquier caso, la gravedad de la alteración será mayor cuanto mayor sea su persistencia.

#### 6. Reversibilidad

Se refiere a la posibilidad de que las modificaciones introducidas por la ejecución del proyecto sean reversibles de forma natural. Se definen dos posibilidades:

- *Efecto reversible*: Aquel en el que dicha alteración puede ser asimilada, a medio plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales del LIG y de los mecanismos de autodepuración del medio.
- *Efecto irreversible*: Aquel que supone la imposibilidad, o la *dificultad extrema*, de retornar a la situación anterior a la acción que lo produce.

Aunque en la mayoría de los LIG los efectos serán irreversibles, pues fueron creados por procesos no activos en la actualidad o con frecuencia e intensidad insuficientes para considerarlos reversibles, en algunos casos, especialmente en los de tipo hidrogeológico, como las ya citadas afecciones a niveles piezométricos o caudales, o la generación de procesos contaminantes, pueden considerarse reversibles si cesan las causas que las originaron y, siempre y cuando, no se alcance un nivel crítico que supere la capacidad de recuperación o atenuación natural del elemento afectado.

#### 7. Recuperabilidad

Referido a la posibilidad de recuperar las condiciones originales del LIG, ya sea porque cesa la acción que genera la alteración o porque se adopten medidas correctoras o de restauración. En función de la posibilidad de recuperación se distingue entre:

- *Efecto recuperable*: Aquel en que la alteración puede ser subsanada gracias a la acción natural o humana, o bien que ésta pueda ser reemplazada.
- *Efecto irrecuperable*: Aquel en que la alteración o pérdida que supone es imposible de reparar o restaurar, tanto por la acción natural como por la humana.

Este atributo, es fundamental a la hora de valorar los efectos previsibles, pues en función de la posibilidad o no de recuperación mediante la aplicación de medidas de intervención se van a definir según el Reglamento de EIA (RD 1131/1988) las distintas categorías de impacto. Como ejemplo, y

en el caso del impacto producido por una cantera, puede considerarse irrecuperable si la explotación ha destruido un rasgo poco frecuente o único en la zona, mientras que sería recuperable si los rasgos siguen siendo visibles en los frentes de la explotación abandonada.

#### 8. Continuidad

Se refiere a aquellos efectos que son continuos en el tiempo o que se repiten con diferente periodicidad o de manera irregular.

- *Efecto continuo*: Aquel que se manifiesta con una alteración constante en el tiempo, acumulada o no.
- *Efecto discontinuo*: Aquel que se manifiesta a través de alteraciones irregulares o intermitentes en su permanencia.

En el caso de la inundación de un LIG por la construcción de un embalse, el efecto continuo se producirá si el LIG se sitúa por debajo del nivel normal de la lámina de agua durante el estío, mientras que el efecto será discontinuo si se sitúa por encima de este nivel.

#### 9. Frecuencia o periodicidad.

En el caso de aquellos impactos que se produzcan de manera discontinua, se podrá definir:

- *Efecto periódico*: Aquel que se manifiesta con un modo de acción intermitente y continúa con el tiempo.
- *Efecto de aparición irregular*: Aquel que se manifiesta de forma imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es preciso evaluar en función de una probabilidad de ocurrencia, sobre todo en aquellas circunstancias no periódicas ni continuas, pero de gravedad excepcional.

El mencionado caso de inundación del LIG situado por encima del nivel de estiaje de las aguas de un embalse sería ejemplo de efecto periódico, en contraposición con un efecto de aparición irregular como el posible expolio de yacimientos mineralógicos o paleontológicos por la apertura de una carretera que permite el cómodo acceso a los mismos.

#### 5.5.3. Estimación del cambio de valor del LIG

La consideración de la magnitud y de todos los parámetros anteriores que expresan la trascendencia o importancia del cambio permitirá evaluar de manera fundamentada el cambio de valor del LIG, siguiendo el mismo procedimiento que en el apartado 5.4.2., pero considerando la nueva situación del LIG tras la actuación sometida a evaluación.

La comparación del valor global del interés geológico de un LIG antes y después de la ejecución de un proyecto se traducirá, en la mayoría de los casos, en una pérdida de su valor de conservación, que puede encuadrarse en alguna de las cinco categorías siguientes:

- *Pérdida de valor notable*: aquella que es consecuencia de una destrucción del LIG o de una pérdida irreparable de sus valores intrínsecos, de sus procesos fundamentales de funcionamiento o de sus posibilidades de observación. La variación que experimenta el valor supera el 50%.
- *Pérdida de valor significativa*: aquella que es consecuencia de una modificación sensible o significativa del LIG, con repercusiones apreciables, a corto o largo plazo, en sus valores intrínsecos, procesos fundamentales de funcionamiento o posibilidades de observación. La variación de valor se sitúa entre el 25 y el 50%.
- *Pérdida de valor moderada*: aquella que es consecuencia de una modificación moderada del LIG, que produce o puede producir en el futuro repercusiones en sus valores

intrínsecos, procesos fundamentales de funcionamiento o posibilidades de observación. La variación de valor se sitúa entre el 10 y el 25%

- *Pérdida de valor leve*: aquella que apenas se manifiesta como modificación del LIG, o que produce o puede producir en el futuro ligeras repercusiones en sus valores intrínsecos, procesos fundamentales de funcionamiento o posibilidades de observación. La variación de valor es inferior al 10%.
- *Pérdida de valor mínima*: aquella que no afecta al LIG, de acuerdo con sus valores intrínsecos, sus procesos fundamentales de funcionamiento o sus posibilidades de observación. No es apreciable la variación de valor.

En caso de que el cambio de valor tenga signo positivo, las cinco categorías anteriores siguen siendo aplicables, definiéndose entonces el aumento de valor notable como aquel que es consecuencia de una mejora sustancial de sus valores intrínsecos, de sus procesos fundamentales de funcionamiento o de sus posibilidades de observación.

## 5.6. Valoración del impacto

El impacto va a ser función del interés de conservación del LIG afectado y de la pérdida de valor, probable o cierta, que éste pudiera experimentar por la ejecución de un proyecto o el desarrollo de una actividad. Por lo tanto, una vez conocido el valor de cada LIG y cómo variaría este valor después de ejecutar el proyecto (antes de la aplicación de medidas preventivas, correctoras y compensatorias), se utilizará la matriz de la figura 5.5 para estimar el impacto resultante. De acuerdo con el Reglamento de EIA, el impacto que se obtenga para cada uno de los LIG, se calificará como:

- *Impacto ambiental no significativo*: aquel que no provoca una pérdida de valor y cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
- *Impacto ambiental compatible*: aquel que provoca una pérdida asumible, en función del valor del LIG y de la magnitud del efecto, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
- *Impacto ambiental moderado*: aquel que provoca una pérdida de valor moderada por lo que precisa prácticas protectoras o correctoras, aunque no intensivas.
- *Impacto ambiental severo*: aquel en el que la disminución del valor del LIG es evidente y la recuperación de las condiciones del LIG exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras significativas.
- *Impacto ambiental crítico*: aquel en el que la disminución del valor del LIG es comparable con su destrucción o con una pérdida de valor no asumible. Con él se produce una pérdida permanente del LIG, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

La tolerancia ante alteraciones de signo negativo asociadas a un proyecto o actividad va a variar dependiendo del valor del LIG. Por ello, el umbral aceptable de pérdida de valor será menor en los LIG de muy alto valor, y más permisivo o mayor en los calificados como de valor medio. Así, por ejemplo, si un LIG de valor muy alto sufriera una pérdida de valor entre significativa y notable, el resultado sería un impacto crítico. En cambio si el LIG fuera de valor medio, y experimentara una transformación similar, el impacto sería considerado moderado o severo y, sólo en ciertos casos, crítico (pérdidas de valor no asumibles o destrucción total).

<b>VALOR DEL LIG</b>	<b>MUY ALTO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>SEVERO</b>	<b>CRÍTICO</b>	<b>CRÍTICO</b>
	<b>ALTO</b>	<b>COMPATIBLE</b>	<b>MODERADO</b>	<b>SEVERO</b>	<b>CRÍTICO</b>
	<b>MEDIO</b>	<b>COMPATIBLE</b>	<b>MODERADO</b> <b>COMPATIBLE</b>	<b>MODERADO</b>	<b>CRÍTICO</b> <b>SEVERO</b>
		<b>LEVE &lt; 10%</b>	<b>MODERADA 10-25%</b>	<b>SIGNIFICATIVA 25-50%</b>	<b>NOTABLE &gt; 50%</b>
		<b>PÉRDIDA DE VALOR</b>			

Figura 5.5. Matriz para la estimación del impacto ambiental sobre un LIG. Algunas celdas muestran diferentes valores en función de los efectos que atenúen o agraven la situación particular de cada caso.

### 5.7. Medidas preventivas, protectoras y correctoras.

En este apartado se pasará revista a una serie de medidas y acciones destinadas a evitar, disminuir o corregir el impacto previsible que sobre el patrimonio geológico pudiera generar el proyecto sometido a EIA. Las medidas preventivas, protectoras y correctoras tienen como objetivo la conservación del elemento patrimonial objeto de la afección.

A la hora de establecer dichas medidas de intervención, y teniendo en consideración que una gran parte de las alteraciones que pueden afectar a dicho patrimonio van a ser irreversibles, se deberá primar en todos los casos la aplicación de medidas preventivas y protectoras pues, desde el punto de vista de la preservación del patrimonio geológico, es preferible evitar el impacto que tratar de corregirlo, especialmente cuando éste sea de carácter crítico, así como las orientadas a minimizar o mitigar la alteración. Respecto a las anteriores, las medidas correctoras suponen siempre un coste económico adicional; por otra parte, dadas las características de los LIG, los efectos producidos en los mismos generalmente son de difícil corrección; asimismo, algunas medidas correctoras podrían en algunas ocasiones llegar a inducir o ser, a su vez, fuente de nuevas afecciones. Por lo general, este tipo de medidas van a estar orientadas a recuperar o mejorar la accesibilidad y las condiciones de observación del LIG afectado, ya que las características intrínsecas del mismo, una vez alteradas, son normalmente mucho más difíciles de recuperar.

El tamaño relativo del LIG respecto al área afectada por la actuación constituye un factor a tener en cuenta. En el caso de LIG de menor tamaño, en relación con la zona de afección del proyecto, las medidas de intervención tendrán un carácter fundamentalmente preventivo y protector, y estarán encaminadas a evitar una afección directa sobre el LIG o sobre sus condiciones de observación y accesibilidad, y si ello no fuera posible, se intentará minimizar la alteración mediante la aplicación de medidas de mitigación. En este caso, la probabilidad de ocurrencia y extensión de la afección en el LIG es mucho mayor. En los LIG con un tamaño superior al área de influencia del proyecto, se tratará de evitar las zonas más sensibles, tanto desde el punto de vista de los contenidos intrínsecos del LIG como los relacionados con su visualización y acceso.

Se deberá analizar con detalle las consecuencias que algunas actuaciones correctoras o de mejora llevadas a cabo en beneficio de otros aspectos del medio afectados puedan tener sobre el patrimonio geológico. Estas actuaciones pueden inducir nuevas alteraciones en el propio LIG o sobre otros aspectos relacionados con el acceso o las posibilidades de observación del mismo. Es el caso de las medidas encaminadas a la protección y restauración de la cubierta vegetal; en ocasiones, una inadecuada revegetación o control de la vegetación existente en el entorno inmediato de la obra puede ocultar o impedir la visualización de un LIG. Con carácter general deben proscribirse actuaciones como *gunitados*, mallados, hidrosiembras y plantaciones arbustivas o arbóreas que oculten dichos lugares de interés.

En la restauración de explotaciones mineras se prestará especial atención a la conservación de aquellos frentes en los que sean visibles las características metalogenéticas o petrológicas del yacimiento, u otros rasgos geológicos de interés. Estos frentes deberán preservarse de cualquier medida de restauración que dificulte o impida la correcta visualización de estos rasgos como suavizado de pendientes, rellenos, etc., o que suponga su destrucción.

En taludes de infraestructuras lineales deberá procurarse una adecuada accesibilidad y garantizar unas buenas condiciones de observación de aquellos lugares que puedan haber sido localizados tanto como consecuencia de actuaciones compensatorias como por hallazgos fortuitos. En la medida de lo posible, se diseñarán anchurones y zonas de aparcamiento en las vías de comunicación rodada para posibilitar el acceso sin riesgo para las personas ni el tráfico, así como accesos adecuados que garanticen la seguridad de los visitantes en cualquier otro tipo de infraestructura lineal.

Entre las medidas protectoras pueden incluirse todas aquellas orientadas a evitar la erosión del LIG o como en el caso del patrimonio hidrogeológico, por ejemplo, su contaminación. Respecto a las medidas correctoras puede señalarse la retirada de escombros u otros materiales, o la de instalaciones que durante la ejecución del proyecto hubieran ocultado el patrimonio geológico. También pueden considerarse medidas correctoras la construcción de infraestructuras orientadas a recuperar o incluso mejorar las condiciones de acceso, u otras que faciliten la visibilidad del mismo. En el patrimonio hidrogeológico las medidas correctoras podrán ir orientadas a la recarga del acuífero; sin embargo, la recuperación de un acuífero contaminado exigiría, por lo general, unas medidas correctoras tan intensivas que en la práctica serían imposibles de asumir.

## 5.8. Medidas compensatorias

Las medidas compensatorias, por el contrario, están orientadas a paliar, de la mejor manera posible, la pérdida de elementos geológicos de interés cuya conservación no será finalmente viable tras las actuaciones contempladas en el proyecto; en este caso, la recuperabilidad es sinónimo de reemplazamiento. La aplicación de medidas compensatorias, como alternativa a una pérdida de valor por encima del umbral aceptable o una destrucción total, va a depender fundamentalmente de la singularidad del LIG. En algunos casos, un alto grado de transformación de un afloramiento podría ser subsanable reproduciendo o localizando uno similar en otro lugar, o mejorando uno ya existente que pueda suplirlo. En función de este aspecto, los LIG pueden clasificarse como *integrales*, en caso de que posean rasgos finitos e irremplazables si son destruidos y *de exposición*, en caso de que muestren rasgos relativamente extensos o abundantes (King *et al.*, 1996). En los primeros no existen, por tanto, medidas compensatorias, mientras que en los segundos es posible plantear el reemplazo como una medida de recuperación.

Estas dos categorías no son excluyentes, sino que un mismo LIG puede tener diferentes sectores donde se comporte de una u otra manera. Además, en este caso influyen las dimensiones, de manera que generalmente los LIG de pequeño tamaño tenderán a ser más frecuentemente de tipo

integral que de exposición. Se exponen a continuación las posibles medidas compensatorias que pueden aplicarse en función de la tipología de interés del elemento patrimonial considerado.

#### *5.8.1. Lugares de interés estratigráfico*

Como se indicó en el epígrafe 4.1.1, en ciertos casos puede ser asumible la pérdida parcial o total de ciertas secciones estratigráficas de referencia (siempre que no se trate de estratotipos de límite de la IUGS o candidatas a serlo), por existir la posibilidad de establecer medidas compensatorias que contrarresten su desaparición. Para ello es necesario la localización y establecimiento de un neoestratotipo o nueva sección estratigráfica de referencia, con carácter previo a la destrucción total o parcial de la sección original. Para alcanzar este objetivo debe implicarse un equipo del que formen parte estratígrafos, sedimentólogos y paleontólogos (micro y/o macropaleontólogos, según los casos). Este equipo deberá proceder al levantamiento de la nueva sección de referencia, con toma detallada de muestras para su estudio e interpretación. Sólo tras la realización de los estudios sedimentológicos y bioestratigráficos que lo justifiquen, procederá avalar la equivalencia de la nueva sección de referencia con la sección original que va a ser destruida.

Por lo que se refiere a las estructuras sedimentarias y a los registros estratigráficos de interés, su carácter puntual y, en algunos casos, aleatorio hace más incierta la aplicación de medidas compensatorias para paliar la destrucción de estos elementos. Se requerirá un estudio geológico de detalle, con participación de sedimentólogos expertos, encaminado a la localización de estructuras o registros similares. Es posible que en la misma trinchera de la infraestructura lineal o en los frentes del desmonte puedan aparecer estructuras o registros similares pero en muchos casos no resultará fácil garantizar *a priori* esa presencia y, en cualquier caso, debería garantizarse su correcta visualización, tras la realización de la obra, de un modo análogo al expuesto en el epígrafe 5.7, sobre medidas correctoras y de mejora.

#### *5.8.2. Lugares de interés geomorfológico*

Los lugares de interés geomorfológico, al ser formas y depósitos originados por procesos geomorfológicos, son difícilmente compensables, a menos que su abundancia pueda hacerlos fácilmente sustituibles por otros similares ubicados en el entorno inmediato de la actuación. Este hecho no obstante, habría hecho perder valor al elemento en cuestión, y por tanto difícilmente habría permitido su toma en consideración como elemento del inventario de LIG.

#### *5.8.3. Lugares de interés paleontológico*

Al tratarse de yacimientos fósiles que en la mayoría de las ocasiones son únicos, no cabe contemplar aquí actuaciones compensatorias consistentes en el reemplazamiento por otros elementos similares. Sin embargo, sí puede considerarse como actuación compensatoria la realización de excavaciones paleontológicas de emergencia, de modo que el contenido fósil del yacimiento sea convenientemente extraído por paleontólogos expertos y almacenados en museos de referencia para su posterior estudio.

#### *5.8.4. Lugares de interés tectónico*

La diversa naturaleza de los LIG de interés tectónico que alberga desde micro a macroestructuras, no permite hacer una generalización. Las macroestructuras difícilmente sufrirán impactos severos o críticos, por lo que las posibles actuaciones compensatorias se referirán a las micro o meso-estructuras. Sería posible contemplar medidas compensatorias para algunas

estructuras de este tipo, localizando afloramientos donde se observen estructuras análogas. No obstante se requerirá, un estudio geológico-estructural de detalle, con participación de expertos en esta rama de la geología.

#### *5.8.5. Lugares de interés petrológico-geoquímico*

Los LIG de interés petrológico-geoquímico son, en general, de gran tamaño, pues en su mayoría consisten en plutones de grandes dimensiones, o estratos con gran continuidad. En estos casos, la apertura de nuevos afloramientos en los frentes de los desmontes o en las cunetas de infraestructuras lineales puede hacer visibles estructuras de igual o mayor valor. Un cuidadoso estudio del terreno afectado por la actuación permitirá plantear o no las medidas compensatorias. Pero, en los afloramientos de rocas únicas que tienen una extensión pequeña, como ocurre con conos volcánicos, coladas volcánicas de poca extensión o en diques aislados, no parecen viables las medidas compensatorias encaminadas a la localización de afloramientos similares.

#### *5.8.6. Lugares de interés mineralógico-metalogenético*

La rareza de los lugares de interés mineralógico, consecuencia del ya comentado frecuente carácter de anomalía geoquímica hace que sean inviables medidas compensatorias que pretendan localizar un yacimiento alternativo. Lo mismo cabe decir de los lugares de interés metalogenético cuando éstos consisten en restos de masas mineralizadas explotadas en el pasado; se trata de entornos singulares irrepetibles. Sí cabe contemplar posibles medidas compensatorias para algunos afloramientos, no mineralizados, donde se observan los factores que han controlado la formación de una mineralización situada en un entorno más o menos cercano. No obstante se requerirá, también aquí, un estudio geológico de detalle, con participación de metalogenistas expertos, encaminado a la localización de estructuras o litologías análogas.

#### *5.8.7. Lugares de interés hidrogeológico*

La naturaleza de los impactos sobre el patrimonio hidrogeológico (modificaciones de las características físicas del acuífero, alteración de la composición y de los parámetros físico-químicos del agua subterránea, e incremento del riesgo de contaminación) dificulta la aplicación de medidas compensatorias análogas a las consideradas en los apartados anteriores. No obstante, en ocasiones, es posible plantear una compensación mediante la introducción de mejoras en otro elemento hidrogeológico ya existente, por ejemplo, a través de la construcción de nuevos accesos o mejorando los ya existentes, o bien, introduciendo medidas que faciliten su observación.

### **5.9. Impacto final**

El impacto final en cada LIG afectado será el que resulte tras aplicar las medidas correctoras o compensatorias que se hayan propuesto en la EIA. Si conforme a la figura 5.5 la actuación origina un impacto final crítico, deberá considerarse la modificación del alcance o extensión de la obra en el entorno inmediato del LIG por afectarlo de modo no asumible. Cabría sin embargo la posibilidad de que, una vez ejecutadas medidas compensatorias como las comentadas en el epígrafe 5.8 y finalizadas éstas con resultados positivos, se asumiera el desarrollo de la obra conforme a la programación inicial por compensarse la pérdida de valor del LIG por su sustitución por otro equivalente.

En caso de impacto severo, se deberán implementar las medidas correctoras que permitan reducir el impacto final, al menos, a moderado, existiendo también la posibilidad de sustituirlas por medidas

compensatorias cuando sea imposible reducir dicho impacto. Análogamente, los impactos moderados deberían convertirse en impactos finales compatibles, mediante la aplicación de las oportunas medidas correctoras o de las medidas compensatorias que quepa adoptar.

Finalmente, los impactos que como resultado de lo reflejado en la figura 5.5 resulten compatibles con o sin aplicación de medidas de intervención, informarán de la viabilidad del proyecto desde el punto de vista de la protección del patrimonio geológico garantizando la conservación del mismo.

#### 5.10. Programa de vigilancia ambiental

El programa de vigilancia ambiental, en el caso de patrimonio geológico, no solamente consiste en garantizar el correcto cumplimiento de los compromisos adquiridos en las EIA y en las prescripciones establecidas por la administración sustantiva y ambiental, sino que debe llevar aparejado un protocolo de actuación para el caso en que aparezcan o se descubran nuevos LIG en el transcurso de la obra. En efecto, puede ocurrir que, como resultado de la ejecución del proyecto, se identifiquen LIG que no eran conocidos previamente y cuya existencia no podía deducirse. Suele tratarse de estructuras tectónicas y sedimentarias, singularidades mineralógicas o petrológicas y yacimientos paleontológicos cuya existencia no tiene reflejo evidente en la superficie.

En estos casos la propia ejecución del proyecto puede considerarse como un impacto positivo, pues permite su descubrimiento y visualización. Pero para que realmente pueda considerarse positivo debe asumirse que debe actuarse para promover su conservación, de manera que fases posteriores de ejecución del proyecto no lo destruyan o transformen de manera irreversible. Es más, en la medida que la seguridad y condiciones de servicio de la obra concluida lo permitan, se debería dotar al elemento descubierto de un acceso (libre o sujeto a los permisos pertinentes) que permita su adecuada visualización.

El programa de seguimiento y vigilancia ambiental deberá también incluir un plan de contingencia en el que se determinarán qué acciones habrá que realizar, en el caso de que las medidas de intervención propuestas no estén alcanzando los objetivos previstos o no sean efectivas, o se detecten impactos no previstos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alberruche, E., Marchán, C., Sánchez, A., Ponce de León, D., García, A. 2012. *Guía metodológica para la integración del Patrimonio Minero en los procesos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental e Instituto Geológico y Minero de España. 43 p.
- Alkema, D., Geneletti, D., Cavallin, A., Van Asch, Th., Fabbri, A., Zanchi, A., De Amicis, M., Bonomi, T., De Francesch, F., Moltre, A., Tomasi, L. 2000. Integrated datasets, GIS and 3-D system analysis for environmental Impact assessment in a large alpine valley north of Trento (Italy). *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* Vol. XXXIII, Part B7, 54-62.
- Bonachea J., Bruschi V.M., Remondo J., González-Díez A., Salas L., Bertens J., Cendrero A., Otero C., Giusti C., Fabbri A., González-Lastra J.R., Aramburu J.M. 2005. An approach for the incorporation of geomorphologic factors into EIA of transportation infrastructures; a case study in northern Spain. *Geomorphology* 66, 95-117.
- Bruschi, V.M. 2007. *Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad*. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria. 355 p. (Inédito).
- Carcavilla, L., López Martínez, J. y Durán, J.J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. 360 p.
- Cavallin, A., Marchetti, M., Panizza, M. y Soldati, M. 1994. The role of geomorphology in environmental impact assessment. *Geomorphology* 9, 143-153.
- Cendrero, A. 1996. El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización. MOPTMA. En: *El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*, pp. 17-38. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid.
- Cendrero, A. y Panizza, M. 1997. Geomorphology and environmental impact assessment: an introduction. Fourth International Conference on Geomorphology. *Suppl. Geografía Física Dinámica Cuaternaria* III, 167-172.
- Conesa, V. 1993. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante y Mundi-prensa. 276 p.
- Conesa, V. 1997. *Auditorías medioambientales*. Guía metodológica. Madrid: Mundi-Prensa. 552 p.
- Durán, J.J. 2001. Hidrogeología y naturaleza. En: Del Pozo, M. y Durán, J.J. (ed). *Aguas subterráneas, paisaje y vida. Acuíferos de España*. Publicaciones del IGME. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas 2/2001. IGME. Pp. 275-279.
- Díez-Herrero, A., Ortega, J.A., Pérez-López, R. y Rodríguez Pascua, M.A. 2011. Patrimonio geológico efímero: singularidades de su estudio y gestión. En: Fernández-Martínez, E. y Castaño de Luis, R. (eds.). *Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España)*. Universidad de León. Pp. 97-103.
- King, A., Glasser, N., Larwood, J., Littlewood, A., Moat, T. and Page, K. 1996. Earth heritage conservation in England: a natural areas perspective. *English Nature research reports* 158.
- Erikstad, L., Lindblom, I., Jerpasen, G., Hanssen, M.A., Bekkby, T., Stabbetorp, O., Bakkestuen, V. 2008. Environmental value assessment in a multidisciplinary EIA setting. *Environmental Impact Assessment Review* 21, 131-143.
- García-Cortés, A. y Carcavilla, L. 2009. *Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG)*. [www.igme.es/internet/patrimonio](http://www.igme.es/internet/patrimonio). 61 p.

- García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E. y Vegas, J. 2012. *Inventario de Lugares de Interés Geológico de la Cordillera Ibérica*. Informe final. Instituto Geológico y Minero de España. 147 p.
- García Leyton, L.A. 2004. *Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Programa de Doctorado de Ingeniería Ambiental. 285 p. Inédita.
- Kvaerner, J., Swensen, G. y Erikstad, L. 2006. Assessing environmental vulnerability in EIA-The content and context of the vulnerability concept in an alternative approach to standard EIA procedure. *Environmental Impact Assessment Review* 26, 511-527.

## APÉNDICES

- I. Equipos de trabajo requeridos. Panel de expertos.
- II. Fuentes de información
- III. Inventarios disponibles de LIG
- IV. Modelo de cuestionario preliminar
- V. Modelo de ficha descriptiva
- VI. Guía rápida para la incorporación del patrimonio geológico en las EIA

## APÉNDICE I

### EQUIPO DE TRABAJO REQUERIDO. PANEL DE EXPERTOS

A la hora de abordar el inventario de LIG en el ámbito de una actuación sometida a EIA, el equipo de trabajo de la parte promotora deberá contar con una persona con formación académica en geología que coordinará los trabajos. A pesar de ello, todo inventario de LIG tiene un carácter pluridisciplinar, por lo que el coordinador deberá asegurarse la colaboración de expertos en las diversas ramas de la Geología, que le apoyen y asesoren a la hora de seleccionar los posibles lugares representativos de cada una de las temáticas involucradas en la diversidad geológica de un determinado dominio. El número de colaboradores será tan amplio como sea posible de forma realista, pero sería conveniente, siempre que el dominio geológico a estudiar lo justifique, contar con expertos que cubran las disciplinas enumeradas en la tabla Ap.1.1.

Tabla Ap.1.1. Especialidades que deberían quedar cubiertas por el equipo de colaboradores expertos.

Geología regional
Estratigrafía (incluye sedimentología)
Geomorfología
Cuaternario (incluye paleoclimatología reciente)
Paleontología
Tectónica
Petrología y geoquímica
Metalogenia y recursos minerales
Mineralogía y cristalografía
Hidrogeología
Geotecnia y riesgos geológicos

Estos colaboradores expertos serán seleccionados por el coordinador tras el análisis de la bibliografía referente al dominio geológico donde se ubique la actuación, e invitados a participar en el inventario.

## APÉNDICE II

### FUENTES DE INFORMACIÓN

Como se vio en el apartado 5.3.1 de la metodología, la primera tarea que debe afrontar el coordinador del equipo de trabajo, auxiliado en su caso por los expertos colaboradores, es la recopilación bibliográfica y documental. Además de la información relativa al planeamiento urbanístico y el régimen de propiedad del suelo, que se habrá obtenido en otras fases del proyecto, a efectos del inventario del patrimonio geológico deberá recopilarse la correspondiente a los siguientes aspectos fundamentales:

#### Características geológicas del área en estudio y su evolución geodinámica

Esta información, de carácter pluri-disciplinar incluye, por un lado, las publicaciones científicas y tesis doctorales sobre la zona, que pueden consultarse en las bibliotecas universitarias (principalmente las de las Facultades de Geología o Ingeniería Geológica<sup>1</sup>) o en la biblioteca del Instituto Geológico y Minero de España (IGME)<sup>2</sup>, así como libros-guía de excursiones científicas y de congresos realizados en la región, tales como las Geo-guías publicadas por la Sociedad Geológica de España<sup>3</sup>, así como otras guías de la naturaleza o de espacios naturales protegidos que tengan un rigor científico suficiente.

También se incluye aquí la cartografía geológica MAGNA (a escala 1:50.000 en la península y 1:25.000 en las islas) u otra de más detalle que pudiera existir. La cartografía geológica MAGNA está disponible en el Servicio de publicaciones del IGME<sup>4</sup> o en el servidor de información geocientífica de este organismo<sup>5</sup>. A nivel autonómico existen también cartografías geológicas a escala 1:25.000 en Cataluña<sup>6</sup>, País Vasco<sup>7</sup> y Navarra<sup>8</sup>.

Toda esta información servirá no solamente para tomar conciencia de los LIG que pueden estar incluidos en la zona afectada por la actuación, sino también para seleccionar el equipo de colaboradores científicos que deberían participar en la identificación de estos lugares.

#### Espacios naturales protegidos y Bienes de Interés Cultural u otras figuras de protección asimilables

Es conveniente también disponer de la información sobre espacios naturales protegidos y sobre otros elementos de interés, tanto naturales como del patrimonio histórico y/o cultural, así como a las

---

<sup>1</sup> Actualmente, las Facultades de Geología o Ingeniería geológica españolas pertenecen a las siguientes universidades: Universidad Autónoma de Barcelona (Campus de Bellaterra), Universidad del País Vasco (Campus de Lejona. Bilbao), universidades Complutense y Politécnica de Madrid, así como las universidades de Barcelona, Granada, Huelva, Oviedo, Salamanca y Zaragoza.

<sup>2</sup> [http://www.igme.es/internet/sistemas\\_infor/biblioteca/inicio.htm](http://www.igme.es/internet/sistemas_infor/biblioteca/inicio.htm)

<sup>3</sup> <http://www.sociedadgeologica.es/>

<sup>4</sup> [http://www.igme.es/internet/serv\\_publicaciones/principal.htm](http://www.igme.es/internet/serv_publicaciones/principal.htm)

<sup>5</sup> <http://www.igme.es/infoigme/catalogo/catalogo.aspx?tab=0>

<sup>6</sup> <http://www.igc.cat/web/ca/index.php>

<sup>7</sup> <http://www.eve.es/web/Documentacion/publicaciones.aspx>

<sup>8</sup> <http://geologia.navarra.es/>

normativas legales relativas a todos ellos. Su interés radica en conocer cuál puede ser el nivel de protección de los elementos que vayan a inventariarse.

Para obtener la información relativa a espacios naturales puede recurrirse a diversos enlaces de interés como <http://www.porlibre.com/> o [http://www.redeuroparc.org/anuario\\_europarc\\_espana.jsp](http://www.redeuroparc.org/anuario_europarc_espana.jsp). la información relativa a patrimonio histórico o cultural puede obtenerse en la página web del Ministerio de Cultura (<http://www.mcu.es/patrimonio/CE/BienesCulturales.html>) o en las correspondientes consejerías autonómicas.

### Inventarios de Lugares de Interés Geológico

Además de los inventarios oficiales existentes, recogidos en el Apéndice III pueden existir inventarios de alcance local, publicados en revistas o actas científicas, y cuya consulta puede resultar provechosa. Cabe destacar a este respecto las comunicaciones a las reuniones científicas de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España<sup>9</sup>, o de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> <http://www.sociedadgeologica.es/patrimonio.html>

<sup>10</sup> <http://sedpgym.es/>

## APÉNDICE III

### INVENTARIOS DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

Cuatro son las administraciones autonómicas que, a día de hoy, suministran información de sus inventarios de LIG en sus respectivas páginas web: Andalucía<sup>11</sup> (con la denominación de inventario andaluz de georrecursos), Cataluña<sup>12</sup> (donde se denominan espacios de interés geológico), Murcia<sup>13</sup> y La Rioja<sup>14</sup> (puntos de interés geológico-mineros).

Además, Extremadura informa mediante una publicación en formato PDF de la geodiversidad y lugares de interés de su territorio. El Gobierno de Canarias ofrece en su web una cartografía de Áreas de Interés Geológico y Geomorfológico de la isla de La Palma (con 8 áreas que ocupan prácticamente un tercio de la isla<sup>15</sup>). Finalmente, la página web de Gobierno de las Islas Baleares<sup>16</sup> muestra la localización de los LIG de las islas aunque sin detallar sus características.

También, en la web del Instituto Geológico y Minero de España (IGME)<sup>17</sup> están disponibles para consulta y descarga las fichas resumen del millar y medio de lugares inventariados por este Organismo, procedentes del inventario que inició en 1978, así como del proyecto *Global Geosites* cuya fase de inventario concluyó en 2007; de estos últimos puede consultarse la lista completa de los 214 enclaves en [www.igme.es/internet/patrimonio](http://www.igme.es/internet/patrimonio).

En febrero de 2011, la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón ha sometido a información pública el Decreto de creación del Inventario de Lugares de Interés Geológico de Aragón y que establece su régimen de protección. Este inventario identifica 150 puntos de interés geológico con una extensión total de cerca de 1.800 ha, 94 áreas de interés geológico, con una extensión total cercana a las 46.000 ha, 22 yacimientos paleontológicos y 163 itinerarios y puntos de observación.

---

11

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.220de8226575045b25f09a105510e1ca/?vgnextoid=e481e6f6301f4310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=e481e6f6301f4310VgnVCM2000000624e50aRCRD>

12

<http://www20.gencat.cat/portal/site/mediambient/menuitem.718bbc75771059204e9cac3bb0c0e1a0/?vgnextoid=43391a22693d7210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=43391a22693d7210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD>

13

<http://www.murcianatural.carm.es/web/guest/lugares-de-interes-geologico1>

14

<http://www.larioja.org/npRioja/default/defaultpage.jsp?idtab=456440&IdDoc=471255>

15

[http://www.gobcan.es/cicnt/temas/comercio/CD2/01\\_La%20Palma/PLANOS/1ANALISIS%20PREVIO/INFORMACION%20Y%20ANALISIS/ANALISIS%20AMBIENTAL/AP%202%201%20Areas%20de%20Interes%20Geologico.pdf](http://www.gobcan.es/cicnt/temas/comercio/CD2/01_La%20Palma/PLANOS/1ANALISIS%20PREVIO/INFORMACION%20Y%20ANALISIS/ANALISIS%20AMBIENTAL/AP%202%201%20Areas%20de%20Interes%20Geologico.pdf)

16

<http://www.caib.es/govern/sac/fitxa.do?lang=es&codi=836959&coduo=138143>

17

<http://www.igme.es/internet/Patrigeo/PagProvincias/PIG.asp>

Cabe citar también que el Gobierno Vasco licitó durante el año 2011 la realización del inventario de LIG del País Vasco, cuya fecha de finalización prevista es octubre 2012. Una vez terminado será consultable en la página web sobre Geodiversidad de la Consejería de Medio Ambiente<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> [http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-orokorra/es/contenidos/informacion/geodiversidad/es\\_geo/indice.html](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-orokorra/es/contenidos/informacion/geodiversidad/es_geo/indice.html)

**APÉNDICE IV**  
**MODELO DE CUESTIONARIO PRELIMINAR**

**ALGUNAS RECOMENDACIONES PARA LA  
CORRECTA CUMPLIMENTACION DEL CUESTIONARIO**

(1) Rellene el cuestionario, las tablas y las fichas adjuntas. Le llevará entre una y cinco horas, aproximadamente, en función del número de LIG que proponga.

(2) Si tuviera alguna duda durante la cumplimentación del cuestionario, hágasela saber al gestor a través de la dirección de correo electrónico del coordinador del estudio:

x.x@y.z

(3) **IMPORTANTE:**

Una vez termine de cumplimentar el cuestionario, **NO OLVIDE ARCHIVAR** el Documento Word. Para ello, en la opción "Guardar como" dele el siguiente nombre:

**Apellidos\_Especialidad\_X.doc**

Por ejemplo, si usted se llama José Gutiérrez, es experto en Estratigrafía de la Cordillera Ibérica, y ésta es la primera ronda de este proyecto, su archivo sería:

Gutiérrez\_Estratigrafía\_Ibérica.doc

(4) Envíe un correo a la dirección del coordinador del estudio (x,x@iy.z) **NO OLVIDANDO** adjuntar el archivo Word anterior.

(5) Una vez que el coordinador del estudio reciba su correo, le responderá para comunicarle que ha finalizado satisfactoriamente el proceso. En caso de que haya habido alguna incidencia, se lo comunicará con la mayor rapidez posible.

**MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN**

## PROPUESTA DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO EN EL ENTORNO X

INFORMACIÓN PREVIA	
- De acuerdo con los parámetros de valoración indicados en la columna de la derecha, proponga y enumere por orden de importancia decreciente los LIG en el entorno X. - Asimismo, refleje en la casilla inferior derecha su grado de conocimiento sobre el tema tratado.	
LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO	PARÁMETROS DE VALORACIÓN CONSIDERADOS
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representatividad</li> <li>• Carácter de localidad tipo o de referencia</li> <li>• Grado de conocimiento científico del lugar</li> <li>• Estado de conservación</li> <li>• Condiciones de observación</li> <li>• Rareza</li> <li>• Diversidad geológica</li> <li>• Espectacularidad o belleza</li> <li>• Contenido divulgativo / uso divulgativo</li> <li>• Contenido didáctico / uso didáctico</li> <li>• Posibilidad de realizar actividades recreativas o de ocio</li> <li>• Asociación con otros elementos naturales o culturales</li> </ul>
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
<b>PUNTÚE de 1 a 5 su grado de conocimiento sobre el patrimonio geológico en el dominio geológico X</b>	

FICHA DE PROPUESTA DE LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO I (*)			
Denominación del lugar			
Comentario valorativo			
Parámetros justificativos de la elección del lugar (marque con una cruz los que haya considerado)	Representatividad		
	Carácter de localidad tipo o de referencia		
	Grado de conocimiento del lugar		
	Estado de conservación		
	Condiciones de observación		
	Rareza		
	Diversidad geológica		
	Espectacularidad o belleza		
	Contenido divulgativo / uso divulgativo		
	Contenido didáctico / uso didáctico		
	Posibilidad de realizar actividades recreativas o de ocio		
	Asociación con otros elementos naturales o culturales		
Localización	Provincia	Municipio	
	Paraje(s)		
	Coordenadas (**) (UTM, ETRS89)	X:	Y: Huso:
	En caso de que sea aconsejable mantener la confidencialidad del lugar, ocultando sus coordenadas, indíquese con una equis (x)		
Descripción del itinerario de acceso			
Esquema de situación con propuesta de delimitación (***) (insertar o adjuntar en fichero aparte fragmento de mapa u ortofoto SIGPAC)			

(\*) Los datos aportados serán tratados como propuestas que podrán ser modificados en fases posteriores del inventario. (\*\*) Del centro geométrico del lugar de interés geológico. (\*\*\*) Delimitación opcional.

FICHA DE PROPUESTA DE LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO (II)

Fotografía(s) del lugar  
(pueden adjuntarse en ficheros aparte)

Referencias bibliográficas

Autor de la propuesta

No dude en añadir o adjuntar cuantas informaciones y documentación adicionales estime oportuno, para facilitar el posterior trabajo de visita y evaluación

**INFORMACIÓN PREVIA**

Marque con una señal (X) las "Fuentes de argumentación" que ha utilizado al responder el cuestionario, indicando, asimismo, el grado (Alto-Medio-Bajo) de cada uno de ellos.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	ALTO	MEDIO	BAJO
Su grado de experiencia (profesional, investigadora, etc.) en el tema.			
Consulta de trabajos de investigadores españoles sobre el tema.			
Consulta de trabajos de investigadores extranjeros sobre el tema.			
Su intuición por carecer de información objetiva.			

Comentarios:

**MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

Por favor

**NO OLVIDE** enviar sus respuestas

al **COORDINADOR** del proyecto: **x.x@y.z**

**APÉNDICE V**  
**FICHA DESCRIPTIVA DEL LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO**

1.-IDENTIFICACIÓN			
Código			
Denominación			
Breve descripción:			
Confidencialidad de los datos			
<input type="checkbox"/> Público		<input type="checkbox"/> restringido	<input type="checkbox"/> confidencial
¿Está relacionado con usos, costumbres y conocimientos tradicionales del entorno?			
<input type="checkbox"/> Alfarería y cerámica		<input type="checkbox"/> Tintes y pinturas	<input type="checkbox"/> Arquitectura popular
<input type="checkbox"/> Cales y yesos		<input type="checkbox"/> Producción salinera	<input type="checkbox"/> Tradición termal
<input type="checkbox"/> Fiestas / tradiciones populares		<input type="checkbox"/> Leyendas	<input type="checkbox"/> Otros:
2. LOCALIZACIÓN (vértices del centro del polígono envolvente)			
UTM X:	UTM Y:	Huso:	UTM Datum ETRS89
UTM X:	UTM Y:	Huso:	UTM Datum ED50
UTM X:	UTM Y:	Huso:	UTM Datum REGCAN95 (para Canarias)
Hoja(s) 1:25.000			
Hoja 1:200.000			
Paraje(s)			
Municipio		Isla (en su caso)	
Provincia			
Comunidad Autónoma			
Descripción del itinerario de acceso			
3. FISIOGRAFÍA, CLIMATOLOGÍA Y ENTORNO SOCIOECONÓMICO			
Superficie (ha)			
Cota	Max.	Min.	Media
Tipo superficie	<input type="checkbox"/> Montañosa	<input type="checkbox"/> Costera	<input type="checkbox"/> Boscosa
<input type="checkbox"/> Matorral	<input type="checkbox"/> Pastizal	<input type="checkbox"/> Rocosa	<input type="checkbox"/> Otra
Entorno socioeconómico			
Población en 50 km a la redonda:			
Propiedad del terreno		Pública (%):	Privada (%):
Uso actual del suelo		Forestal (%):	Ganadero (%):
Agrícola (%):		Urbanizado (%):	Otro (especificar) (%):
Calificación urbanística		Rural preservado de su transformación urbanística (%)	Rural no preservado de su transformación urbanística (%)
Urbano (%)			
Nivel socioeconómico			
<input type="checkbox"/> Comarca con índices de renta <i>per capita</i> , educación y ocupación similares a la media regional pero inferiores a la media nacional			
<input type="checkbox"/> Comarca con índices de renta <i>per capita</i> , educación y ocupación inferiores a la media regional			
<input type="checkbox"/> Comarca con declive socioeconómico			
4. SITUACIÓN GEOLÓGICA			
Dominio geológico (GEODE)			
Unidad Geotectónica de 2º orden			
Edad del Rasgo		Límite inferior	Límite superior
Edad de las rocas encajantes		Límite inferior	Límite superior
Columna geológica: <b>Ajuntar jpg</b>			

5. INTERÉS			
<b>Interés geológico principal (uno sólo)</b>			
<input type="checkbox"/> Estratigráfico	<input type="checkbox"/> Sedimentológico	<input type="checkbox"/> Geomorfológico	<input type="checkbox"/> Paleontológico
<input type="checkbox"/> Tectónico	<input type="checkbox"/> Petrológico-geoquímico	<input type="checkbox"/> Geotécnico	<input type="checkbox"/> Minero-metalogenético
<input type="checkbox"/> Mineralógico	<input type="checkbox"/> Hidrogeológico	<input type="checkbox"/> Historia de la Geología	<input type="checkbox"/> Otro:
Justificación:			
<b>Representatividad</b>			
<input type="checkbox"/> Útil como modelo para representar parcialmente un rasgo o proceso			
<input type="checkbox"/> Útil como modelo para representar, en su globalidad, un rasgo o proceso			
<input type="checkbox"/> Mejor ejemplo del dominio geológico considerado, para representar, en su globalidad, un rasgo o proceso			
<b>Carácter de localidad tipo</b>			
<input type="checkbox"/> Localidad de referencia regional			
<input type="checkbox"/> Localidad de referencia utilizada internacionalmente, o localidad tipo de fósiles o biozonas de amplio uso			
<input type="checkbox"/> Estratotipo aceptado por la IUGS o localidad tipo mineralógica reconocida por la IMA			
<b>Grado de conocimiento científico del lugar</b>			
<input type="checkbox"/> Existen trabajos publicados y/o tesis doctorales sobre el lugar			
<input type="checkbox"/> Investigado por varios equipos científicos y objeto de trabajos publicados en revistas científicas nacionales			
<input type="checkbox"/> Investigado por varios equipos científicos y objeto de trabajos publicados en revistas internacionales			
<b>Estado de conservación</b>			
<input type="checkbox"/> Con deterioros que impiden apreciar algunas características de interés			
<input type="checkbox"/> Algunos deterioros que no afectan de manera determinante al valor o interés del LIG			
<input type="checkbox"/> El LIG en cuestión se encuentra bien conservado, prácticamente íntegro			
<b>Condiciones de observación</b>			
<input type="checkbox"/> Con elementos que enmascaran el LIG y que impiden apreciar algunas características de interés			
<input type="checkbox"/> Con algún elemento que no impide observar el LIG en su integridad, aunque sea con dificultad			
<input type="checkbox"/> Perfectamente observable en su integridad con facilidad			
<b>Rareza</b>			
<input type="checkbox"/> Uno de los escasos ejemplos conocidos a nivel regional			
<input type="checkbox"/> Único ejemplo conocido a nivel regional			
<input type="checkbox"/> Único ejemplo conocido a nivel nacional (o internacional)			
<b>Interés geológico secundario (puede ser más de uno)</b>			
<input type="checkbox"/> Estratigráfico	<input type="checkbox"/> Sedimentológico	<input type="checkbox"/> Geomorfológico	<input type="checkbox"/> Paleontológico
<input type="checkbox"/> Tectónico	<input type="checkbox"/> Petrológico-geoquímico	<input type="checkbox"/> Geotécnico	<input type="checkbox"/> Minero-metalogenético
<input type="checkbox"/> Mineralógico	<input type="checkbox"/> Hidrogeológico	<input type="checkbox"/> Historia de la Geología	<input type="checkbox"/> Otro:
Justificación:			
<b>Diversidad</b>			
<input type="checkbox"/> El LIG presenta otro tipo de interés, además del principal, no relevante			
<input type="checkbox"/> El LIG presenta 2 tipos de interés, además del principal, o uno solo pero relevante			
<input type="checkbox"/> El LIG presenta 3 o más tipos de interés, además del principal, o sólo dos más pero ambos relevantes			
<b>Contenido didáctico / uso didáctico</b>			
<input type="checkbox"/> Ilustra contenidos curriculares universitarios			
<input type="checkbox"/> Ilustra contenidos curriculares de cualquier nivel del sistema educativo o está siendo utilizado en actividades didácticas universitarias			
<input type="checkbox"/> Está siendo utilizado habitualmente en actividades didácticas de cualquier nivel del sistema educativo			
<b>Interés didáctico (justificación):</b>			
<b>Espectacularidad o belleza</b>			
<input type="checkbox"/> Amplitud de relieve alta o bien cursos fluviales caudalosos/grandes láminas de agua o bien variedad cromática notable			
<input type="checkbox"/> Coincidencia de dos de estas características			
<input type="checkbox"/> Coincidencia de las tres características			
<b>5. INTERÉS (continuación)</b>			

<b>Contenido divulgativo / uso divulgativo</b>				
<input type="checkbox"/> Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cierto nivel cultural				
<input type="checkbox"/> Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cualquier nivel cultural sobre la importancia o utilidad de la Geología				
<input type="checkbox"/> Está siendo utilizado habitualmente para actividades divulgativas				
Interés turístico o recreativo (justificación):				
<b>Interés NO geológico del lugar (puede ser más de uno)</b>				
<input type="checkbox"/> Minero-industrial	<input type="checkbox"/> Naturalístico	<input type="checkbox"/> Arquitectónico	<input type="checkbox"/> Arqueológico	<input type="checkbox"/> Etnológico
<input type="checkbox"/> Histórico o cultural	<input type="checkbox"/> Excursionístico o Paisajístico		<input type="checkbox"/> Otro:	
Justificación del interés no geológico:				
<b>Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural</b>				
<input type="checkbox"/> Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km				
<input type="checkbox"/> Presencia de un varios elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km				
<input type="checkbox"/> Presencia de un varios elementos tanto del patrimonio natural como del cultural en un radio de 5 km				
<b>Potencialidad para realizar actividades turísticas y recreativas</b>				
<input type="checkbox"/> Posibilidades turísticas	<input type="checkbox"/> Posibilidad actividades recreativas		<input type="checkbox"/> Existen actividades organizadas	
<b>Proximidad a zonas recreativas</b>				
<input type="checkbox"/> Lugar situado a menos de 5 km de áreas recreativas (campings, playas, etc.)				
<input type="checkbox"/> Lugar situado a menos de 2 km de un área recreativa				
<input type="checkbox"/> Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa				

6. PROTECCIÓN	
¿Figura en un inventario existente? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
¿Cuál(es)?	
<b>Instrumentos jurídicos de protección existentes</b>	
Referencia:	Fecha:
Dirección URL:	
<b>Régimen de protección del lugar</b>	
<input type="checkbox"/> Lugar situado en parques nacionales o naturales, reservas naturales u otra figura con plan de ordenación y guardería;	
<input type="checkbox"/> Lugar con figura de protección no sujeta a plan de ordenación y sin guardería; también bienes de interés cultural en razón a su contenido paleontológico / arqueológico	
<input type="checkbox"/> Lugar situado en suelo rural preservado de su transformación mediante la urbanización, por la ordenación territorial y urbanística.	
<input type="checkbox"/> Lugar carente de figura alguna de protección	
<b>Protección física o indirecta</b>	
<input type="checkbox"/> Lugar fácilmente accesible pero situado lejos de sendas y camuflado por la vegetación	
<input type="checkbox"/> Lugar fácilmente accesible, solo camuflado por la vegetación	
<input type="checkbox"/> Lugar carente de todo tipo de protección indirecta	

7. DATOS ADICIONALES	
<b>Tipo de acceso</b>	
<input type="checkbox"/> Carretera asfaltada con aparcamiento autobús	<input type="checkbox"/> Carretera asfaltada aparcamiento turismo
<input type="checkbox"/> Carretera asfaltada sin aparcamiento próximo	<input type="checkbox"/> Pista sin asfaltar acceso todo terreno
<input type="checkbox"/> Pista sin asfaltar acceso turismo	<input type="checkbox"/> Camino o senda acceso a pie
<input type="checkbox"/> Accesos adaptados a discapacitados	<input type="checkbox"/> Otros:
Distancia del lugar a carretera asfaltada (en km):	
Duración aproximada en horas y minutos del itinerario para un recorrido normal:	
<b>Infraestructura logística</b>	
<input type="checkbox"/> Alojamiento y restaurante para grupos de hasta 20 personas a menos de 25 km	
<input type="checkbox"/> Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 25 km	
<input type="checkbox"/> Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 5 km	
<b>Densidad de población (demanda potencial inmediata)</b>	
<input type="checkbox"/> Menos de 200.000 habitantes en un radio de 50 km	
<input type="checkbox"/> Entre 200.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km	
<input type="checkbox"/> Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km	
<b>Vulnerabilidad al expolio</b>	
<input type="checkbox"/> Yacimiento paleontológico o mineralógico con escaso valor y fácil expolio	
<input type="checkbox"/> Yacimiento paleontológico o mineralógico de gran valor, con numerosos ejemplares y fácil expolio	
<input type="checkbox"/> Yacimiento paleontológico o mineralógico, con escasos ejemplares y fácil expolio	
<b>Fragilidad</b>	
<input type="checkbox"/> Rasgos métricos vulnerables por las visitas, espeleotemas, etc.	
<input type="checkbox"/> Rasgos decamétricos no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas	
<input type="checkbox"/> Rasgos hectométricos que podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas	
<input type="checkbox"/> Rasgos kilométricos, difícilmente deteriorables por actividades humanas	

8. DOCUMENTOS	
<input type="checkbox"/> Fotos con comentarios	<input type="checkbox"/> Croquis con itinerarios, si procede
<input type="checkbox"/> Mapa Geológico	<input type="checkbox"/> Plano topográfico de detalle
<input type="checkbox"/> Plano topográfico de situación a escala adecuada (1:5.000 a 1:200.000)	
<input type="checkbox"/> Adquisición de datos en campo	<input type="checkbox"/> Adquisición de datos por bibliografía
Autor(es) de la propuesta del lugar:	

9. BIBLIOGRAFÍA: Adjúntese pdf texto
<p>Adjúntese pdf texto, recomendándose, la siguiente normativa:</p> <p>a) Artículos de revistas: Heredia, M. y Baltuille, J.M. 1997. Las posibilidades mineras de Cuba en el sector de las Rocas Ornamentales. <i>Boletín Geológico y Minero</i>, 108 (6), 47-52.</p> <p>b) Libros: Didier, J. 1973. <i>Granites and their enclaves</i>. Elsevier, Amsterdam, 393 pp.</p> <p>c) Capítulos de libros: Quesada, C. 1983. El Carbonífero de Sierra Morena. En: Martínez, C. (ed.), <i>Carbonífero y Pérmico de España</i>. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 243-278.</p> <p>d) Actas de congresos: Delgado, F., Ovejero, G. y Jacquin, J.P. 1971. Localización estratigráfica y medio paleogeográfico de las mineralizaciones (galena y fluorita) de Sierra de Baza (Granada, España). <i>I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica</i>, Madrid, 2, 119-128.</p> <p>e) Informes y trabajos inéditos: Se citará el autor o autores, año de la realización y ubicación de dicho trabajo.</p> <p>f) Páginas web: Se citará el título de la página, el autor o autores de la misma, organismo o institución editora y lugar de origen del servidor, fecha de acceso a la información y dirección electrónica tanto de la página como del directorio raíz. Ejemplo: Kluwer Academic Publishers Information Service (KAPIS), Holanda, 24/03/99, <a href="http://www.wkap.nl">http://www.wkap.nl</a>.</p>

## Apéndice VI

### GUÍA RÁPIDA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL SOBRE EL PATRIMONIO GEOLÓGICO

- 1.- Delimitación de la zona de estudio y caracterización de la zona de afección.
- 2.- Recopilación bibliográfica y documental (apartado 5.3.1. y apéndice 2):
  - características geológicas,
  - espacios naturales protegidos,
  - inventarios preexistentes de patrimonio geológico y/o patrimonio natural (apéndice III).
- 3.- Creación de un panel de expertos, en caso de que se considere necesario (apéndice I).
- 4.- Identificación de posibles LIG por medios propios (apartado 5.4.1).
- 5.- Revisión de los LIG incluidos en inventarios preexistentes (si los hubiera).
- 6.- Envío de la encuesta preliminar al panel de expertos (apéndice IV).
- 7.- Valoración de los LIG propios, de los inventarios preexistentes (si los hubiera) y de los propuestos por el panel de expertos (apartado 5.4.2).
- 8.- Selección final de los LIG en función de su valoración (apartado 5.4.2, tabla 5.2).
- 9.- Cartografía de los LIG (apartado 5.4.3, tablas 5.3 y 5.4).
- 10.- Cumplimentación de la ficha descriptiva (apartado 5.4.4).
- 11.- Valoración de la vulnerabilidad de los LIG (apartado 5.5.1).
- 12.- Valoración de los efectos producidos (apartado 5.5.2):
  - 1- *Magnitud del cambio*
    - Intensidad
    - Extensión y/o localización
  - 2- *Importancia o transcendencia del cambio*
    - Naturaleza o signo,
    - Inmediatez o relación causa-efecto,
    - Interrelación de acciones y/o efectos,
    - Plazo o momento del efecto,
    - Persistencia,
    - Reversibilidad,
    - Recuperabilidad,
    - Continuidad,
    - Frecuencia o periodicidad.

	Parámetros	Descripción
Magnitud del cambio	<i>Intensidad</i>	El grado de incidencia o de destrucción que tiene la actuación sobre el LIG: <i>total, alta, media y baja</i> .
	<i>Extensión y/o localización</i>	de la afección respecto al LIG: <i>puntual</i> (efecto muy localizado), <i>parcial, extremo, total y ubicación crítica</i> (la alteración se produce sobre un punto crítico o de extrema sensibilidad).
Importancia o trascendencia del cambio	<i>Naturaleza o signo</i>	<i>Positivo</i> : aquel admitido como tal, por la comunidad técnica y científica y la población, en el contexto de un análisis completo de los costes y beneficios genéricos. <i>Negativo</i> : aquel que se traduce en pérdida de valor científico, didáctico o turístico/recreativo del LIG.
	<i>Inmediatez o relación causa-efecto</i>	<i>Directa</i> : la alteración afecta directamente al LIG, modificando su valor. <i>Indirecta</i> : alteraciones que pueden modificar las condiciones de acceso, visibilidad, visita o cualquier otra característica similar; como el efecto barrera o de aislamiento que imposibilite el acceso al LIG; la instalación de una cubierta que impida su visión; la instalación de infraestructuras que hagan desaconsejable o imposibiliten su visita, etc.
	<i>Interrelación de acciones y/o efectos</i>	<i>Simples</i> : sin efectos acumulativos, ni generación de nuevos efectos. <i>Acumulativos</i> : si el efecto incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga en el tiempo la acción. <i>Sinérgicas</i> : el efecto conjunto de varias acciones conlleva una incidencia mayor que el efecto suma de las incidencias individuales.
	<i>Plazo o momento del efecto</i>	Tiempo que transcurre entre la aparición en escena de una acción o intervención humana y el comienzo de alteraciones o efectos sobre un factor ambiental determinado. Efecto a corto, medio y largo plazo aquél cuya incidencia puede manifestarse dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual, antes de cinco años o en un período superior, respectivamente.
	<i>Persistencia</i>	<i>Fugaz</i> (duración inferior a un año), <i>temporal</i> (entre uno y tres años), <i>percinaz</i> (entre cuatro y diez años) y <i>permanente</i> (permanece por espacio de diez o más años).
	<i>Reversibilidad</i>	<i>Reversible</i> : la alteración puede ser asimilada, a medio plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales del LIG y de los mecanismos de autodepuración del medio. <i>Irreversible</i> : la imposibilidad, o la <i>dificultad extrema</i> , de retornar a la situación anterior a la acción que lo produce.
	<i>Recuperabilidad</i>	<i>Recuperable</i> : la alteración puede ser subsanada gracias a la acción natural o humana. <i>Irrecuperable</i> : la alteración o pérdida que supone es imposible de reparar o restaurar, tanto por la acción natural como por la humana.
	<i>Continuidad</i>	<i>Continuo</i> : alteración constante en el tiempo, acumulada o no. <i>Discontinuo</i> : alteraciones irregulares o intermitentes en su permanencia.
	<i>Frecuencia o periodicidad</i>	<i>Periódica</i> : un modo de acción intermitente y continua con el tiempo. <i>Aparición irregular</i> : imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es preciso evaluar, sobre todo en circunstancias no periódicas ni continuas, pero de gravedad excepcional.

13.- Estimación del cambio de valor del LIG (apartado 5.3.3):

PÉRDIDA DE VALOR	Descripción
<i>NOTABLE</i>	Dstrucción del LIG o de una pérdida irreparable de sus valores intrínsecos, de sus procesos fundamentales de funcionamiento o de sus posibilidades de observación. La variación que experimenta el valor supera el 50%.
<i>SIGNIFICATIVA</i>	Modificación sensible o significativa del LIG, con repercusiones apreciables, a corto o largo plazo, en sus valores intrínsecos, procesos fundamentales de funcionamiento o posibilidades de observación. La variación de valor se sitúa entre el 25 y el 50%.
<i>MODERADA</i>	Modificación moderada del LIG, que produce o puede producir en el futuro repercusiones en sus valores intrínsecos, procesos fundamentales de funcionamiento o posibilidades de observación. La variación de valor se sitúa entre el 10 y el 25%
<i>LEVE</i>	Modificación del LIG, o que produce o puede producir en el futuro ligeras repercusiones en sus valores intrínsecos, procesos fundamentales de funcionamiento o posibilidades de observación. La variación de valor es inferior al 10%.
<i>MÍNIMA</i>	No afecta al LIG, de acuerdo con sus valores intrínsecos, sus procesos fundamentales de funcionamiento o sus posibilidades de observación. No es apreciable la variación de valor.

14.- Valoración del impacto (epígrafe 5.6 y tabla 5.5): impacto ambiental no significativo, compatible, moderado, severo y crítico.

<b>VALOR DEL LIG</b>	<b>MUY ALTO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>SEVERO</b>	<b>CRÍTICO</b>	<b>CRÍTICO</b>
	<b>ALTO</b>	<b>COMPATIBLE</b>	<b>MODERADO</b>	<b>SEVERO</b>	<b>CRÍTICO</b>
	<b>MEDIO</b>	<b>COMPATIBLE</b>	<b>MODERADO</b> <b>COMPATIBLE</b>	<b>MODERADO</b>	<b>CRÍTICO</b> <b>SEVERO</b>
		<b>LEVE &lt; 10%</b>	<b>MODERADA 10-25%</b>	<b>SIGNIFICATIVA 25-50%</b>	<b>NOTABLE &gt; 50%</b>
		<b>PÉRDIDA DE VALOR</b>			

Figura 5.5. Matriz para la estimación del impacto ambiental sobre un LIG. Algunas celdas muestran diferentes valores en función de los efectos que atenúen o agraven la situación particular de cada caso.

15.- Diseño de las medidas preventivas, protectoras y correctoras (epígrafe 5.7).

16.- Diseño de las medias compensatorias en función de la tipología de LIG afectados (epígrafe 5.8).

17.- Valoración del impacto final (epígrafe 5.9).

18.- Definición de las acciones del plan de vigilancia ambiental (epígrafe 5.10).