



Ilustre Colegio  
Oficial  
de Geólogos

# Tierra y Tecnología

REVISTA DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA • Nº 38 • SEGUNDO SEMESTRE DE 2010



## Cena-coloquio de Navidad 2011

- Fisuras en inmuebles, causas y soluciones
- El Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA) de la Guardia Civil
- Nueva Tabla de Clasificación de Efectos Arqueológicos de Terremotos
- Aspectos geológicos y geomorfológicos en los instrumentos de ordenación del territorio y en las políticas ambientales de la Xunta de Galicia

# La fuerza de la unión.

En 2011, las mejores oportunidades del mercado de la Construcción:

- Todos los sectores y las asociaciones apoyan a **CONSTRUMAT**, el salón generalista de la construcción.
- La oferta de nuestro país es la mejor del mercado internacional. Productos y Servicios de alta tecnología y alta calidad al mejor precio.
- Acciones específicas para la captación de distribuidores europeos, así como prescriptores y compradores de Brasil y Marruecos.
- Construmat, el referente sectorial, apuesta ampliamente por la **Sostenibilidad, Rehabilitación e Innovación** como ejes de desarrollo para el sector.
- 2011, un paso más hacia la interrelación de la oferta y la demanda, realizando agendas comerciales para favorecer los mejores resultados.

Construmat, por experiencia, por capacidad, por iniciativa, ahora más que nunca ofrece las mejores soluciones al sector.

## Únase a nosotros para aprovechar toda su fuerza.

 **CONSTRUMAT**  
B A R C E L O N A  
SALÓN INTERNACIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN



**Fira Barcelona**

**Recinto Gran Via  
16-21 Mayo 2011**

[www.construmat.com](http://www.construmat.com)

Aerolínea Oficial:



A STAR ALLIANCE MEMBER



# Tierra y Tecnología

REVISTA DE INFORMACIÓN  
GEOLÓGICA

Nº 38 • SEGUNDO SEMESTRE DE 2010

Edita:

**Ilustre Colegio Oficial  
de Geólogos**

**ADMINISTRACIÓN Y REDACCIÓN**

RAQUEL MELLER, 7. 28027 MADRID  
TEL.: (34) 91 553 24 03

**COMITÉ EDITORIAL**

EDITOR PRINCIPAL: J. L. BARRERA MORATE

**COLABORADORES**

JULIO HERNÁN GÓMEZ  
MARC MARTÍNEZ PARRA  
JUAN PABLO PÉREZ SÁNCHEZ  
CARLOS MARTÍN ESCORZA

**CORRESPONSALES**

LUIS ALFONSO FERNÁNDEZ PÉREZ (ASTURIAS)

**SECRETARÍA**

ÁUREO CABALLERO

**WWW.ICOG.ES** **ICOG@ICOG.ES**

**WEBMASTER:** ENRIQUE PAMPLIEGA

**DISEÑO**

CYAN, PROYECTOS EDITORIALES, S.A.  
WWW.CYAN.ES CYAN@CYAN.ES

**ISSN: 1131-5016**

**DEPÓSITO LEGAL: M-10.137-1992**

'TIERRA Y TECNOLOGÍA' MANTIENE CONTACTOS CON  
NUMEROSOS PROFESIONALES DE LAS CIENCIAS DE LA  
TIERRA Y DISCIPLINAS CONEXAS PARA LA EVALUACIÓN DE  
LOS ARTÍCULOS DE CARÁCTER CIENTÍFICO O INNOVADOR  
QUE SE PUBLICAN EN LA REVISTA.

LOS TRABAJOS PUBLICADOS EXPRESAN EXCLUSIVAMENTE  
LA OPINIÓN DE LOS AUTORES Y LA REVISTA NO SE HACE  
RESPONSABLE DE SU CONTENIDO.

EN LO RELATIVO A LOS DERECHOS DE PUBLICACIÓN, LOS  
CONTENIDOS DE LOS ARTÍCULOS PODRÁN REPRODUCIRSE  
SIEMPRE QUE SE CITE EXPRESAMENTE LA FUENTE.

**PORTADA**

TYRANNOSAURUS REX (AUTOR: JUAN ANTONIO DÍAZ)

# Sumario

- 2 • EDITORIAL
- 3 • CENA-COLOQUIO DE NAVIDAD 2010
- 12 • PAPIROSAURIOS
- 18 • II CONGRESO INTERNACIONAL VERSOS'10: VERTEDEROS Y SOSTENIBILIDAD
- 21 • EL LITIO: ESPERANZA O MITO
- 25 • FISURAS EN INMUEBLES, CAUSAS Y SOLUCIONES
- 30 • LA ACTIVIDAD Y SEGURIDAD MINERA EN ESPAÑA
- 33 • EL SENDERO INTERNACIONAL DE LOS APALACHES ARRANCA EN ESPAÑA
- 38 • PRIMERA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO SIA EN MADRID
- 39 • LA PROTECCIÓN CIVIL ANTE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS
- 46 • GESTIÓN PARA UN USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO
- 51 • PATOLOGÍAS EN EDIFICACIÓN
- 55 • EL SERVICIO DE PROTECCIÓN DE LA NATURALEZA (SEPRONA) DE LA GUARDIA CIVIL
- 59 • NUEVA TABLA DE CLASIFICACIÓN DE EFECTOS ARQUEOLÓGICOS DE TERREMOTOS
- 66 • DEBATE SOBRE MOROSIDAD EN LA SEDE DE PIMEC EN BARCELONA
- 67 • LOS ÁRIDOS RECICLADOS
- 73 • ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS EN LOS INSTRUMENTOS DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y EN LAS POLÍTICAS AMBIENTALES DE LA XUNTA DE GALICIA
- 79 • VISADO Y SUPERVISADO: EL PETICIONARIO MARCA LA DIFERENCIA
- 83 • POR FIN LLEGA EL AGUA POTABLE AL MUNICIPIO DE CONCHAGUA (EL SALVADOR)
- 86 • EL COLEGIO DE GEÓLOGOS APOYA EL PREMIO SAN VIATOR A JÓVENES ESTUDIANTES DE LA GEOLOGÍA
- 88 • RECENSIONES

# Editorial ¡Agua va!

Hablar de la recurrencia de las catástrofes naturales en el planeta no es noticia; siempre están y siempre estarán. En muchas de ellas, el agua es el protagonista, aunque, si analizamos en detalle, el hombre y sus decisiones emergen como los verdaderos protagonistas. La peligrosidad es casi siempre la misma, lo que ha cambiado es el riesgo. En este planeta cada uno construye donde quiere o donde mejor se especula, dejando a la providencia las consecuencias de las malas prácticas. Claro que después hay que oír de las autoridades, cuando los muertos se cuentan por decenas o millares, que la catástrofe “no era previsible”.

Los centenares de víctimas mortales por deslizamientos del terreno en Río de Janeiro es una catástrofe anunciada, y eso que hacia muchos años que no llovía como lo ha hecho. El prestigioso periodista brasileño Ruy Castro escribía en su artículo. “Estaba escrito en las paredes” que “...la favelización de la zona, los miles de construcciones levantadas ilegalmente en zonas de riesgo, empobreciendo el terreno y cargándose la vegetación, preparaba la tragedia. Y los políticos no lo vieron o no lo quisieron ver”. Esto nos suena ¿no?

Hay que seguir insistiendo en el rigor que debe imperar en los planes de ordenación municipal y, sobre todo, en las medidas correctoras del mismo cuando el urbanismo ya está instalado en zonas de peligrosidad. Este año le ha tocado el turno de infortunio a la ciudad sevillana de Écija: cinco inundaciones en un solo mes, es de récord Guinness. Un pueblo construido sobre el arroyo, con un cauce que nadie limpia y una red de desagüe insuficiente, son algunas de las medidas “preventivas” contra la catástrofe. Estarán de acuerdo en que mayores despropósitos no se pueden dar.

Río de Janeiro y Écija son sólo dos ejemplos de primer orden de los muchos menores que se producen en cientos de lugares a pequeña escala.

¿Qué podemos hacer los geólogos ante tanta barbarie? Pues seguir “denunciando” las malas actuaciones urbanísticas, la voracidad especulativa de las

mismas, la falta de acciones preventivas y la necesidad de que los técnicos analicen rigurosamente las situaciones del territorio.

Si se analiza el estrato social afectado por las inundaciones, siempre resulta ser el mismo: las clases bajas y medias bajas. Ellas no son tan masoquistas de querer instalarse en los lugares de peligro, sino que se ven empujadas a ocuparlos por ser las zonas “residuales” que dejan las clases de mayor renta. Sin duda, poco más pueden hacer. Somos los técnicos los que debemos actuar ante las autoridades para exigirles mayor responsabilidad y especial atención a un tema que desde siempre ha sido menor —frente a otras actuaciones— en la planificación territorial. Los geólogos decimos que actuamos en clave ciudadana, es decir, que trabajamos pensando en el ciudadano y en su seguridad, a pesar de que recientemente algunos creen, pensando desde una perspectiva de “aumentar la competencia”, que nuestros informes geotécnicos y su control de visado no tienen nada que ver con la seguridad ciudadana.

Se aproxima la promulgación de la nueva Ley de Servicios Profesionales realizada a través de la transposición de la Directiva europea de Servicios. La ley vendrá a actualizar la regulación actual de las actividades profesionales que, en opinión del director general de Política Económica del Ministerio de Economía y Hacienda, es “obsoleta, confusa y excesiva, afectando, en algunos casos, a la competitividad”. ¿Se reconocen ustedes en estas afirmaciones? ¿Somos obsoletos los geólogos? ¿Somos los geólogos, y su colegio, un instrumento que frena la competitividad del mercado? Más bien parece lo contrario. Esperemos que la ley no intente meter a todos en el mismo saco, pues los geólogos no nos merecemos ese trato. Con gran esfuerzo y una fuerte competencia desleal en algunos casos, hemos desarrollado la profesión a niveles sociales y profesionales nunca vistos. Cada vez se nos reconoce más nuestra valía y necesidad, pero parece ser que obstruimos el desarrollo del país con nuestra presencia “descontrolada”. Otro vendrá que bueno te hará.

# Cena-coloquio de Navidad 2010

La tradicional cena-coloquio de Navidad del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos tuvo lugar el pasado jueves 16 de diciembre en el madrileño hotel Velada, situado en la calle Alcalá. En un principio estaba prevista la presencia de la ministra de Medio Ambiente, Medio Rural y Medio Marino, doña Rosa Aguilar.

De hecho, hasta las 14:00 horas del mismo día del acto, la ministra hizo todo lo posible por asistir, pero una repentina fiebre y las recomendaciones de sus médicos hicieron que finalmente, pasada la sesión parlamentaria de la mañana, tuviera que descartar su presencia en la cena, dejando en su lugar a don Jesús Huertas, director general de Calidad y Evaluación Ambiental de su ministerio.

Una pena, porque había mucha expectación por poder departir con la ministra en directo, ya que además, su reciente nombramiento al frente del ministerio hacía que entre la comunidad geológica se despertara un alto interés por conocer las políticas ministeriales.

El Colegio de Geólogos tiene como ministerio de referencia, precisamente, al Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Medio Marino, de ahí el interés que tenía el colectivo en dialogar con la ministra.

## Invitados y personalidades

El cóctel estaba convocado a las 20:00 horas. Unos minutos antes se podía ver a los miembros de la Junta Directiva, encabezados por el presidente Luis Suárez y el vicepresidente José Luis Barrera saludando a los asistentes e invitados. También a Manuel Regueiro, secretario del ICOG, y los distintos presidentes de las delegaciones: Juan M. Zubieta (presidente del ICOG en Asturias), Javier San Román (presidente del ICOG en Aragón), Miguel A. Gómez (presidente del ICOG en el País Vasco) y Joan Escuer (presidente del ICOG en Cataluña).

Representantes del mundo empresarial, de la Administración, de la comunidad científica, de otros colegios profesionales, como el de Químicas y de Físicos, colegiados y amigos se dieron cita en el acto del ICOG (figuras 1 y 2). Entre los mismos se encontraban el presidente del Colegio Oficial de Físicos y presidente de la Fundación CONAMA, Gonzalo Echagüe, el director de Construcción de Castellana Autopistas, Rafael Pérez Arenas, el director de Operaciones e Ingeniería de la Red Convencional de Adif, Luis López Ruiz, la presidenta de la Comisión de Medio Ambiente y Ecología de la FEMP, Alejandra Escudero, el diputado Hugo Morán, el jefe de la edición gráfica de la Agencia EFE, Diego Caballo, el letrado jefe del Departamento de Deontología del Colegio de

Abogados de Madrid, Rafael del Rosal, el decano de la Facultad de CC. Geológicas de la UCM, Eumenio Ancochea, el director de CETREN, José María Pérez Revenga, la ex directora del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja y profesora de investigación del CSIC, Carmen Andrade, y el director de I+D+i de Dragados, Jesús Rodríguez Santiago.

A su llegada, el director general de Calidad y Evaluación Ambiental del MMARM, Jesús Huertas, saludó a los asistentes y departió con ellos (figuras 3, 4 y 5). Posteriormente pasó a firmar en el Libro de Honor del Colegio (figuras 6) y recibió un obsequio de las manos del presidente del ICOG en agradecimiento por su presencia y en reconocimiento al ministerio.

Cerca de las 21:00 horas, después de los saludos y presentaciones, José Luis Barrera subió al estrado para presentar a los ponentes (figura 7). En primer lugar tuvo palabras para disculpar a la ministra Rosa Aguilar porque finalmente no pudiera asistir. Comentó cómo durante la mañana había cumplido con sus obligaciones parlamentarias pero que al final de la misma se había encontrado realmente indisputada para asistir a la cena. Después dio paso al discurso del presidente del ICOG. Los asistentes se acercaron al estrado para escuchar las intervenciones (figura 8).



Figura 1. De izquierda a derecha, Almudena García-Orea, Carmen Andrade, Jesús Rodríguez, Mariano Santiso y José Luis Barrera.



Figura 2. De izquierda a derecha, Cristina Sapalski, Carlos Martínez Navarrete, José Luis González, Manuel Regueiro, entre otros, y en el extremo derecho, Alejandra Escudero.



Figura 3. De izquierda a derecha, José Luis Barrera, Juan Zubieta, Javier San Román, Jesús Huertas, Luis Suárez, Miguel Ángel Gómez, Ramón Pérez Mir y Joan Escuer.



Figura 4. De izquierda a derecha, Ricardo García Moral, Eumenio Ancochea, Roberto Rodríguez, Nieves Sánchez Gutián y Jesús Huertas.

#### El futuro en el empleo verde

Luis Suárez comenzó su intervención recordando el lema del Colegio: "La geología al servicio de los ciudadanos". En ese sentido, habló de cómo el ICOG está abierto a la sociedad y a disposición de los medios de comunicación para informar a los ciudadanos sobre los temas de actualidad, como las catástrofes naturales, la minería, las energías renovables, los nuevos materiales o los avances científicos en las ciencias de la tierra.

Anunció la reciente instauración de los títulos profesionales por especialidades, como el título de Geólogo Europeo, en función de la experiencia profesional.

Refiriéndose al contexto económico, manifestó que el sector medioambiental será el encargado de liderar la salida a la crisis económica con sectores punteros como el ahorro y eficiencia energética, energías renovables, turismo sostenible y la agricultura ecológica son la base de la economía verde.

Asimismo situó la geotermia como "la energía renovable del futuro" y reclamó que las normas que regulen la investigación, el diseño y la puesta en marcha de las instalaciones geotérmicas estén abiertas a todos los profesionales competentes, rememorando otro de los lemas colegiales: "La competencia para el competente".

En relación a la geología preventiva alertó del creciente impacto de las catástrofes naturales, por lo que hizo hincapié en la necesidad de elaboración de mapas de riesgos para prevenir futuros desastres.

Por último, en referencia a la política de aguas, consideró que se está aplicando "una política errónea más preocupada por realizar un inventario de obras hidráulicas que en el estudio

de los recursos hídricos sobre todo los acuíferos". Por ello, el presidente del ICOG solicitó al MAMRM que asuma las competencias en las concesiones de aguas subterráneas, reguladas por "obsoletas normas mineras".



Figura 5. De izquierda a derecha, Jesús Huertas, Roberto Rodríguez y Luis Suárez.

Finalizó su intervención agradeciendo la presencia del director general del ministerio y deseando unas felices fiestas a todos los asistentes.

#### Un modelo económico más sostenible

De nuevo, José Luis Barrera tomó la palabra. Esta vez para presentar a Jesús Huertas, del que destacó su perfil de gestor más que técnico y las buenas relaciones personales que le unen a la ministra Rosal Aguilar, quien le trajo desde la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía.

Huertas destacó el carácter joven, dinámico y solidario del ICOG. Posteriormente dio paso a las líneas generales de su ministerio en las distintas materias que le competen. Como primicia señaló que el Ministerio de Medio Ambiente, Medio



Figura 6. Jesús Huertas firmando en el Libro de Honor.



Figura 7. José Luis Barrera presentando el acto.



Figura 8. Los asistentes escuchando las intervenciones.



Figura 9. Manuel Regueiro durante la entrega de las distinciones.



Figura 10. Entrega de la distinción de Colegiado de Honor a Antonio Arribas Moreno.



Figura 11. Entrega de la distinción de Colegiada de Honor a Amelia Calonge.

Rural y Medio Marino impulsará el desarrollo de una economía española sostenible, baja en carbono y más eficiente en el uso de los recursos naturales y materiales.

En esa línea, abogó por "cambiar el modelo económico actual hacia uno más respetuoso con el medio ambiente, capaz de proveer empleos de calidad". El representante del MAMRM recordó que la llamada economía verde es uno de los "aspectos fundamentales de la agenda del Gobierno como ha quedado demostrado en la Ley de Economía Sostenible". Asimismo, afirmó que en la próxima Conferencia sobre Desarrollo Sostenible Río 20 "el eje central será la economía verde en un contexto de erradicación de la pobreza".

Con respecto a las energías renovables, Jesús Huertas citó el Plan Nacional de Energías Renovables (PANER), donde se fija el uso de estas energías limpias en un 22,7% del consumo total. Indicó que se están haciendo "todos los esfuerzos por mantener esta apuesta a pesar de la coyuntura económica".



Figura 12. Intervención de Amelia Calonge.



Figura 13. Entrega de la distinción de Colegiado de Honor a Xavi Coello.



Figura 14. Cristina Sapalski durante la presentación de los títulos profesionales.



Figura 15. Entrega del título a Nieves Sánchez Guitián.

En relación a la geotermia, gran apuesta del ICOG, comentó el respaldo del ministerio a esta fuente de energía mediante programas de ayuda para las fases de exploración e investigación, la implementación de un modelo formativo de certificación y la promoción del conocimiento del subsuelo para evaluar el potencial geotérmico.

El director general de Calidad y Evaluación Ambiental planteó un Pacto de Estado del Agua, que articule cada cuenca hidrográfica, para llegar a “acuerdos de futuro con todos los agentes implicados”. El modelo de gestión del agua “tiene que asegurar la disponibilidad y calidad para todos los usos y todas las personas”, puntualizó.

Acabó su intervención haciendo referencia al deseo de intensificar la colaboración con el ICOG para abordar los temas de su ministerio sobre todo la problemática de la contaminación del suelo tanto desde el desarrollo de instrucciones técnicas como la del diseño de soluciones en casos de descontaminación.

#### Entrega de distinciones

Una vez finalizado su discurso, Manuel Regueiro (figura 9), secretario del Colegio, subió al escenario para presentar las placas de reconocimiento a las personas distinguidas este año por el ICOG. Regueiro leyó el acta de concesión que dice: “A

propuesta de la Junta de Gobierno, surgida en la sesión celebrada el día 5 de abril de 2010, la Asamblea General Ordinaria del ICOG ha aprobado por asentimiento, en su sesión celebrada el día 10 de abril de 2010, nombrar Miembros de Honor a:

- *Isaac Díaz Pardo*, por su constante preocupación en la geología de Galicia desde hace muchos años, y su apoyo incondicional al Laboratorio Xeológico de Laxe iniciado por Isidro Parga Pondal.
- *El Correo Gallego*, por su conciencia social y profesional en la defensa y divulgación de la profesión de geólogo.



Figura 16. Entrega del título al representante de Francisco Fernández.



Figura 17. Entrega del título a Roberto Álvarez.



Figura 18. Ambiente en el salón de la cena.

Ambos distinguidos no pudieron venir a recoger la distinción y se les entregará en Galicia en las próximas semanas.

En la misma sesión de la Junta de Gobierno se nombraron Colegiados de Honor a:

- **Antonio Arribas Moreno** (colegiado nº 24) (figura 10), por su apoyo a la geología desde el mismo momento de su colegiación. El propio Regueiro le definió como "una institución de la geología en España".
- **Amelia Calonge García** (colegiada nº 6.057) (figuras 11 y 12), por su constata y fructífera labor a favor de la enseñanza obligatoria de la Geología en los programas de Secundaria y Bachillerato, a través de los medios de comunicación, congresos, conferencias y excursiones en todas las autonomías españolas, y por su impulso de la I Olimpiada de Geología a nivel nacional, que tuvo un gran éxito.
- **Eleuterio Baeza Chico** (colegiado nº 1.037), por su contribución a la divulgación del conocimiento geológico mediante instrumentos divulgativos así como por sus logros en materia de conservación y reproducción de fósiles y minerales, con el desarrollo de metodologías y patentes. El colegiado no pudo recoger la distinción por causas familiares graves.
- **Xavier Coello Vivas** (colegiado nº 2.500) (figura 13), por su contribución al desarrollo de la profesión en Cataluña desde su cargo de secretario de la delegación del ICOG en esa comunidad. La distinción se la entregó José Luis Barrera en la cena de la delegación en Barcelona celebrada el viernes 17 de diciembre.

#### Entrega de títulos profesionales

Por su parte, Cristina Sapalski (figura 14), vicepresidente del ICOG, entregó los nuevos títulos profesionales. Las personas tituladas fueron:

- **Nieves Sánchez Guitián**, el diploma de reconocimiento como Geólogo Europeo y Geólogo Profesional especialista en Riesgos Geológicos (figura 15).
- **Francisco Javier Fernández Naranjo**, el título de Perito Geológico en Recursos Minerales (figura 16). En su nombre recogió el título Roberto Rodríguez Pacheco, investigador del IGME.
- **Roberto Álvarez de Sotomayor**, el título de Geólogo Europeo (figura 17).

Cuando concluyó la entrega de distinciones se ofreció un cóctel donde todos los invitados tuvieron la oportunidad de charlar y establecer contactos en un ambiente distendido y amigable que se prolongó hasta casi entrada la madrugada (figura 18).

Manuel Recio - Europa Press  
José Luis Barrera - ICOG

# Discurso de Luis Eugenio Suárez Ordóñez

Sr. director general de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; autoridades y personalidades; presidentes y representantes de las delegaciones autonómicas del colegio; invitados y colegiados.

Un año más, los geólogos españoles y nuestros invitados nos reunimos para celebrar el tradicional evento de Navidad con un alto responsable de la Administración. Por ello, contamos con la presencia de D. Jesús Huertas García, director general de Calidad y Evaluación Ambiental, que asiste en nombre de Rosa Aguilar, ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, para poder trasladarle la opinión de este Colegio, adscrito a ese ministerio, y que nos transmita las propuestas de ese departamento ministerial, como hemos realizado en años anteriores con Jaime Matas, ministro de Medio Ambiente en el año 2000, José Luis Rodríguez Zapatero en el año 2001, José Trigueros, director general de Costas en 2003, María Antonia Trujillo, ministra de Vivienda en 2004, Cristina Narbona, ministra de Medio Ambiente en 2005, Mercedes Cabrera, ministra de Educación en 2006, Carme Chacón, ministra de Vivienda, en representación del presidente del Gobierno en 2007, Soraya Rodríguez, secretaria de Estado de Cooperación Internacional en 2008, y José Blanco, ministro de Fomento, el año pasado.

Creo que los Colegios profesionales debemos hacer autocrítica. Consideramos que es necesario un giro de los colegios profesionales hacia la sociedad para merecer su confianza. Somos un Colegio abierto a la sociedad, por lo que siempre estamos a disposición de los medios de comunicación para informar a los ciudadanos sobre los temas de actualidad, como las catástrofes naturales, la minería, las energías renovables, los nuevos materiales o los avances científicos en las ciencias de la Tierra. Por ello, quiero agradecer a los medios, algunos aquí presentes, su labor de información y formación de los ciudadanos en temas geológicos.

El Colegio de Geólogos tiene como objetivo a los ciudadanos, como usuarios de nuestros servicios profesionales. Por ello, venimos desarrollando una política que va en la línea de las Directivas de Cualificaciones Profesionales y la de Servicios. Por ello, confiábamos en que la mayoría del Congreso de los Diputados asumiera las propuestas de los colegios asociados en Unión Profesional, para conseguir su apoyo a la Ley Ómnibus y alcanzar una ansiada reforma consensuada de los colegios profesionales al servicio de los ciudadanos, pero no fue posible por la reforma de visados, confirmada por el Real Decreto 1.000/2010 y las incertidumbres de la colegiación obligatoria en la futura Ley de Servicios Profesionales.

El Colegio de Geólogos ha sido el primer colegio postconstitucional, creado veinte días después de aprobada la Constitución española en 1978. Somos legalmente una profesión regulada, que impulsa su misión, visión, valores y estrategia de actuación en base a dos lemas: "La geología al servicio de los ciudadanos" y "La competencia para el competente".

Para impulsar la geología al servicio de los ciudadanos y siguiendo el modelo anglosajón, el Colegio ha instaurado los títulos profesionales por especialidades, así como el título de Geólogo Europeo, en función de la experiencia profesional y la formación profesional continua, impartida en nuestra Escuela de Geología Profesional.

Para impulsar la geología al servicio de los ciudadanos, hemos colaborado e influido en el Parlamento europeo y español y con el Gobierno de España en la Ley de Aguas, la Ley de Ordenación de la Edificación, la Ley del Suelo, el Código Técnico de la Edificación, la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, la Ley de Parques Nacionales, el decreto de Suelos Contaminados, las leyes Paraguas y Ómnibus, el proyecto de Ley de Economía Sostenible, la introducción de la geotermia como energía renovable en la directiva europea de esa materia, y realizado para ese ministerio, la supervisión



de los estudios geológicos de las presas de Itoiz, Siles y Yesa, para su puesta en servicio.

Para impulsar la geología al servicio de los ciudadanos, el Colegio de Geólogos gestiona el visado y el supervisado telemático, con control de cumplimiento legal y de normativas técnicas, con el seguro de responsabilidad civil profesional asociado, así como la certificación de la gestión colegial por la ISO 9001:2008 de Gestión de Calidad, y el servicio de Desarrollo Profesional y Bolsa de Empleo telemático.

Para impulsar la geología de los ciudadanos, el Colegio de Geólogos está participando en el proyecto europeo *Euroages* para definir la mejor formación del geólogo en el grado y máster universitario y en la formación profesional continua de los profesionales, impulsando un "cambio de modelo", basado en el conocimiento profesional.

Pero la geología al servicio de los ciudadanos no es sólo labor colegial; también desde el Colegio de Geólogos nos preocupamos y nos ocupamos de la cooperación al desarrollo, razón por lo que hace ya once años hemos creado la ONG Geólogos del Mundo, abierta a todos los ciudadanos y apoyada al día de hoy por numerosas instituciones promotoras. Desde su creación, la ONG ha realizado más de 100 proyectos de geología humanitaria, bien de abastecimientos de agua, de prevención de riesgos naturales o de conservación del medio ambiente, que han resuelto problemas a decenas de miles de beneficiarios en Marruecos, Burkina-Faso, Malí, Senegal, El Salvador, Perú y Ecuador. Sirva de ejemplo, el saneamiento ambiental de tres lagunas contaminadas en Nicaragua, Honduras y Guatemala.

Para impulsar la geología al servicio de los ciudadanos, en el Colegio de Geólogos estamos convencidos de que el sector medioambiental está en condiciones de liderar la salida de la crisis económica. En los próximos diez años está previsto crear en España cerca de un millón de empleos verdes, tal y como se ha señalado en la mesa-debate "El medio ambiente en la prestación de los servicios profesionales", en el marco del X Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA X).

Sectores punteros como el ahorro y la eficiencia energética, las energías renovables, el turismo sostenible o la agricultura ecológica son la base de la llamada economía verde, de gran pujanza en los países de mayor crecimiento económico. Actualmente, en España hay cerca de medio millón de empleos verdes, que se ha triplicado en los últimos años. Por ello, proponemos, impulsar de forma decidida el crecimiento verde mediante una apuesta coordinada de nueva regulación e inversión privada.

En concreto, en el ámbito de las energías renovables se crean cinco veces más puestos de trabajo que en las energías tradicionales. En ese sentido, la propia administración Obama ha puesto la mirada en España como modelo de creación de economía verde, ya que en nuestro país la electricidad procedente de energías renovables alcanza casi un 25% del total, mientras que en Estados Unidos apenas llega a un 7%.

Para ello la Administración Pública debe impulsar una estrategia de crecimiento sostenible alternativo y distinto al modelo económico del siglo XX. En el siglo XXI debemos crecer utilizando tecnologías y procedimientos, que sean respetuosos con el medio ambiente. En esta línea, los geólogos contribuimos y participamos en muchos temas, tanto en protección ambiental, como en vigilancia ambiental o en el desarrollo ambiental y en la explotación sostenible de los recursos. En el libro *La profesión de geólogo*, que ha publicado el ICOG, se realiza una referencia amplia de las actividades de los geólogos en el empleo verde.

En línea con este objetivo, el Colegio de Geólogos ha liderado en el X CONAMA, el Grupo de Trabajo "Geotermia: energía renovable del futuro", con especial referencia a la geotermia somera, es decir, el aprovechamiento de la diferencia de temperatura entre el subsuelo más próximo, con el exterior. La geotermia puede ser clave en nuestro desarrollo como país, ya que es una energía renovable, de gasto energético y mantenimiento muy bajo, y con una durabilidad de más de cincuenta años. Pero estamos viendo intentos de acaparar la gestión de la geotermia de modo corporativista. Por ello, reclamamos que las normas que regulen la investigación, diseño y puesta en marcha de las instalaciones de geotermia de baja entalpía, deben estar abiertas a todos los profesionales competentes. En definitiva, que la competencia sea para el competente.

En línea con este objetivo de impulsar el empleo verde, y contribuir a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, vamos a poner nuestra experiencia al servicio de los ciudadanos, mediante el desarrollo reglamentario de la ley y de los planes y programas de almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>.

En aras a impulsar el empleo verde y la sostenibilidad ambiental, el Colegio de Geólogos está trabajando en la potenciación de la geodiversidad y el patrimonio geológico, de acuerdo con lo establecido en las leyes de Patrimonio Natural y Biodiversidad, la de Parques Nacionales y del Desarrollo Sostenible del Medio Rural, promulgadas en 2007. El Colegio impulsó en estas leyes la geodiversidad, como principio inspirador de la acción de los poderes públicos. Por ello, demandamos que en esta legislación de protección de la geodiversidad y el patrimonio geológico para el desarrollo rural se desarrolle adecuadamente, con el objetivo de alcanzar un número suficiente de acreditaciones de geoparques, por parte de la UNESCO, en España.

Para dar respuesta a este objetivo de impulsar el empleo verde y la sostenibilidad ambiental, consideramos fundamental que los profesionales se formen en las nuevas tecnologías del medio ambiente. Por ello, en el Colegio de Geólogos, la mitad de los cursos de formación profesional continua que ofrecemos va en esa línea, como por ejemplo especialistas en geotermia somera para edificación, aprovechamientos de aguas subterráneas, geología del subsuelo y almacenamiento geológico.

En aras de la protección de los ciudadanos y la sostenibilidad ambiental, debemos acentuar la prevención contra el creciente impacto de los riesgos naturales. Es importante que el Gobierno de España haya puesto a nuestro país a la vanguardia de la protección de los ciudadanos contra las catástrofes naturales, con la obligatoriedad de los mapas de riesgos naturales en la vigente Ley del Suelo. Esta ley ha sido desarrollada por la *Guía metodológica para la elaboración de mapas de riesgos naturales en España*, realizada mediante un convenio de colaboración entre el Ministerio de Vivienda y el Colegio de Geólogos.

Una vez concluida la guía, los geólogos deseamos promover la gestión sostenible y la reducción de los riesgos naturales, por lo que estamos a disposición del ministerio y la Federación Española de Municipios y Provincias

La geotermia puede ser clave en nuestro desarrollo como país, ya que es una energía renovable, de gasto energético y mantenimiento muy bajo, y con una durabilidad de más de cincuenta años.

Pero estamos viendo intentos de acaparar la gestión de la geotermia de modo corporativista

(FEMP), para la realización de jornadas de formación y sensibilización sobre riesgos naturales y ordenación del territorio.

En materia de política de aguas, demandamos el impulso de una política de aprovechamiento integral de nuestros recursos hídricos desde una gestión eficiente y sostenible, considerando globalmente el ciclo del agua, integrando las aguas superficiales y las subterráneas.

Las obras hidráulicas no son un fin, son un instrumento, una herramienta de la política de aguas. En este sentido, es importante reseñar que en la Relación de Puestos de Trabajo (RPT) de ese ministerio la mayoría de funcionarios del Grupo A se tendrán que dedicar a gestionar el diseño y la ejecución de las escasas obras hidráulicas de estos años de crisis, por lo que pensamos que deberían ser complementados por otros profesionales para la gestión de las aguas subterráneas y la calidad de las aguas.

Debemos explicitar asimismo las restricciones a la competencia en las concesiones de explotación de aguas subterráneas, dado que son reguladas por obsoletas normas de seguridad minera. Esto supone un verdadero galimatías jurídico, dado que cada confederación hidrográfica exige para la concesión de aguas subterráneas requisitos diferentes, que, en ocasiones, cercenan la participación de diferentes profesionales. Por ello, solicitamos que nuestro ministerio de adscripción asuma la plena competencia en la gestión de las aguas subterráneas, a través de las confederaciones hidrográficas.

En materia de costas, proponemos la realización de la Instrucción técnica prevista en el Reglamento de Costas, para la ejecución de los deslindes, con el objetivo de mejorar su deficiente calidad técnica, que está generando una alta conflictividad jurisdiccional en la Audiencia Nacional. Consideramos necesaria la creación de un Área de Geomorfología y Dinámica Litoral que realice la instrucción de deslindes y redacte y ejecute los Pliegos de Condiciones Técnicas, utilizando conceptos geomorfológicos y articulando la participación de profesionales expertos de estos campos en su materialización.

Para finalizar, quiero aprovechar este acto para felicitar las Pascuas y desear un próspero 2011 a todos los colegiados y a nuestros invitados, así como reiterar el sincero agradecimiento a D. Jesús Huertas García, director general de Calidad y Evaluación Ambiental, en representación de Rosa Aguilar, ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, a la que deseamos una rápida recuperación de su proceso febril, dado que España necesita a todos los ministros y ministras en plena forma para afrontar esta crisis económica, así como agradecer, cómo no, la voluntad de colaboración del ministerio con el colectivo de geólogos españoles.

Muchas gracias por su atención.

# Discurso de Jesús Huertas

Estimado presidente:

Quiero que mis primeras palabras sean de agradecimiento al presidente por permitir participar en este acto colegial al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, en estas fechas tan especiales. Ha sido deseo expreso de la ministra acompañarles en el mismo, pero obligaciones y compromisos de Gobierno de última hora le han hecho imposible acudir a la cita. No obstante, me ha pedido que les traslade su más sincero reconocimiento por la labor que desarrolla este Ilustre Colegio, así como una cordial felicitación por las fechas navideñas que se aproximan.

Sin duda, éste es un Colegio joven, dinámico y solidario. Sus profesionales trabajan en una materia apasionante: la Tierra. Que ha sido objeto de estudios y atención desde filósofos clásicos, como Aristóteles, a premios Nóbel de literatura, como Pablo Neruda. Una materia que tiene un carácter real, evidente y fundamental para nuestra vida, para nuestra seguridad y para nuestra alimentación. Y también un componente simbólico y espiritual en todas las culturas y en todos los continentes: como origen y como destino de nuestra existencia.

Y un Colegio que, tal y como nos ha dicho el presidente, tiene una vocación de servicio al ciudadano y a la cooperación al desarrollo, que me parecen encomiables. Una feliz coincidencia la de su nacimiento con la aprobación de la Constitución, que parece imprimirle carácter.

El Colegio ha colaborado lealmente con los departamentos que hoy conforman nuestro ministerio, lo que agradecemos vivamente. Y como se me invita a exponer las líneas generales de actuación del ministerio, paso a hacerlo brevemente, en relación a los puntos más destacados citados por el presidente.

El trabajo que estamos desarrollando desde la toma de posesión de la ministra Rosa Aguilar supone una apuesta decidida por la "sostenibilidad", como eje transversal que marca un todo, que agrupa el medio ambiente, el medio rural y el marino, constituyendo una seña de identidad común.

Y me gustaría comenzar con un elemento que considero, como todos ustedes, clave en el futuro a corto, medio y largo plazo. Me estoy refiriendo al conjunto de acciones englobadas bajo el epígrafe de la "economía verde". Más allá de su definición, constituye en estos momentos uno de los aspectos fundamentales de la agenda política internacional y, por tanto, de la española. Lo demuestra el alto interés de este Gobierno en el desarrollo de una Ley de Economía Sostenible, y otras acciones, entre las que quiero destacar el APL de Residuos y el paquete de medidas legislativas relacionadas con la gestión del agua.

Todas ellas persiguen, con otras acciones planteadas, el desarrollo de una economía española baja en carbono y eficiente en el uso de los recursos naturales y materiales. Y entre ellos, por supuesto, las relacionadas con la producción, distribución y consumo de la energía eléctrica, el agua y los recursos materiales. El objetivo final es contribuir a un cambio del modelo económico actual hacia un modelo más respetuoso con el medio ambiente, capaz de proveer empleos de calidad.

En la agenda internacional destacan los trabajos desarrollados en la OCDE, que se materializarán a través de la presentación del documento "Crecimiento verde" en la próxima conferencia de ministros de Medio Ambiente, y, también, su inclusión en la próxima Conferencia sobre desarrollo sostenible Río 20, en la que uno de los aspectos centrales será "la economía verde en un contexto de erradicación de la pobreza".

No quisiera dejar de mencionar la Estrategia Europa 2020, bien conocida por todos y aprobada bajo presidencia española, que cuenta como clave en el desarrollo económico del futuro de Europa un crecimiento inteligente, inclusivo y sostenible.

En cuanto a energías renovables se refiere, el Gobierno de España mantiene su apuesta en un área que es vital dentro de las políticas desarrolladas durante la legislatura. Por ello hemos anunciado, con ocasión de la reciente



cumbre de Cambio Climático celebrada en Cancún, que, apoyaremos en el marco de la Unión Europea, incrementar el objetivo inicial de reducción, de un 20%, a un 30%, las emisiones de gases de efecto invernadero en 2020, con respecto a los niveles de 2005.

Está en curso la elaboración del nuevo Plan de Energías Renovables. Pero ya en el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER), remitido a la Comisión, se apunta el sostenimiento del esfuerzo en su uso, con un objetivo final del 22,7%.

Quiero asegurarles que se están haciendo los máximos esfuerzos por mantener una apuesta firme por el crecimiento del sector a pesar de la coyuntura económica.

En lo que respecta a la energía geotérmica, en el PANER se recogen propuestas de acciones concretas de respaldo a la misma, como el desarrollo de "programas de ayudas y reducción de riesgo" para las actividades en las fases de exploración e investigación, el desarrollo e implementación de un "modelo formativo y de certificación en los ámbitos de la geotermia", y la promoción del "conocimiento del subsuelo" para evaluación del potencial geotérmico y detección de zonas favorables. En este sentido, quiero destacar la labor del colectivo profesional de geólogos, a través del Instituto Geológico y Minero de España, en las primeras prospecciones para evaluación de potencial que se realizaron en España, y el mapa y caracterización de los mismos que actualmente tenemos.

También, en línea con los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, son muy destacables las contribuciones del Instituto en materia de prospecciones, localización y caracterización de los primeros posibles yacimientos para almacenamiento en estructuras geológicas de CO<sub>2</sub>.

No se puede olvidar tampoco la labor científica y divulgativa que el Instituto ha realizado sobre esta opción tecnológica, colaborando con la Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN).

La Agencia Internacional de la Energía y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, la consideran fundamental para alcanzar las reducciones de emisiones, que nos permitan mantener el incremento de temperatura global debido al cambio climático, por debajo de los dos grados con respecto a los niveles preindustriales.

Hoy puedo celebrar con ustedes la aprobación por el Parlamento español de la Ley de Almacenamiento de CO<sub>2</sub> en estructuras geológicas, que constituye el marco legal para el desarrollo de esta tecnología fundamental de reducción de emisiones.

Con respecto a la conservación de la geodiversidad y el patrimonio geológico que ha mencionado el presidente, quiero manifestar el muy alto interés con el que desde el ministerio abordamos este asunto, ampliamente tratado desde la Ley de 2007, que es la primera norma relacionada con la conservación de la naturaleza que hace referencia explícita a la geodiversidad y el patrimonio geológico.

En el desarrollo de la Ley, juega un papel decisivo el Borrador del Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, que ya está preparado para su presentación, para ser sometido a los procedimientos de información y consulta pública, previa a su aprobación por Real Decreto.

Dicho borrador incluye objetivos y acciones específicas para la protección y conservación de la geodiversidad y el patrimonio geológico, como parte integrante y sustentadora de los ecosistemas, e íntimamente ligada a la conservación de la biodiversidad y el paisaje.

En definitiva, dándole al patrimonio geológico la consideración que éste merece, como parte de una herencia científica, cultural, estética, paisajística y económica, que debe ser preservada para las futuras generaciones.

Respecto a la puesta en valor de los recursos geológicos, como fuente de empleo verde y elemento de sostenibilidad ambiental, hay que destacar que la ley antes citada incluye un gran avance, con el reconocimiento expreso de los geoparques de la UNESCO, como áreas protegidas.

Y el propio Plan Estratégico considera la regulación legal de la recolección en España de los elementos que configuran el patrimonio geológico, fomentando códigos de conducta voluntarios que prevengan daños, pérdidas innecesarias y que faciliten la actividad investigadora.

Este Ministerio, en el ámbito de sus competencias, está impulsando y fomentando la designación de nuevos geoparques en España, y el propio Plan incluye acciones específicas para la preparación de la metodología y el desarrollo del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico, planteando además, el inicio de los trabajos para la elaboración de un atlas de la geodiversidad española.

Para finalizar este asunto, quisiera mencionar que desde el ministerio se establecen una serie de acciones dirigidas a aumentar la presencia de España en organizaciones internacionales de estudio y conservación del patrimonio geológico y de la geodiversidad, así como para mejorar la cooperación entre las Administraciones y para impulsar la participación de organismos científicos y asociaciones en el estudio y conservación del patrimonio geológico y de la geodiversidad, como es el caso de este Colegio Oficial de Geólogos.

Si hablamos de sostenibilidad en este país, un recurso que necesita sin lugar a dudas de estrategias específicas y de acuerdos es el agua, un recurso limitado y escaso.

La política de agua se viene desarrollando a través de una serie de estrategias y planes que podemos concretarla desde esos instrumentos como la mejora y modernización de las infraestructuras hidráulicas, el plan nacional de reutilización de aguas, la estrategia nacional de sostenibilidad de regadíos o el programa de desalinización. Y también el plan de calidad de las aguas; la restauración de ríos y limpieza de cauces; la gestión de fenómenos extremos como la sequía, las inundaciones o la seguridad de las presas, los planes hidrológicos de demarcación y todo lo que significa agua y desarrollo desde el punto de vista de la cooperación.

En este momento, en que están en trámite todos los planes hidrológicos de demarcación que corresponden al ministerio, hemos propuesto a las fuerzas políticas (desde el diálogo), la oportunidad y la posibilidad de alcanzar un gran acuerdo de futuro con relación a dichos planes.

Tenemos que ser capaces de nuclear un consenso, un acuerdo, a través del trabajo a realizar entre instituciones, partidos, grupos parlamentarios y organizaciones.

Si somos capaces de llegar a un acuerdo en los planes de cuenca, podemos plantearnos con seriedad y con un margen importante de certeza ir a un necesario "Pacto de Estado del agua". A ese pacto deberían incorporarse los criterios derivados de la transposición de la Directiva Marco del Agua, cuyo modelo de gestión se basa en la garantía de la disponibilidad y calidad para

todos los usos. Tenemos que establecer acuerdos que permitan el adecuado desarrollo en todos y cada uno de los territorios.

Y en este tema, quiero reconocer la contribución de nuestras empresas que, con su esfuerzo, se han convertido en punteras a nivel mundial en el desarrollo de tecnologías sostenibles e innovadoras en la gestión del agua, generando empleo y utilizando recursos energéticos limpios.

El presidente ha hecho también una mención específica y concreta a los deslindes y su tratamiento en el Reglamento de Costas, que prevé la realización de una Instrucción técnica para la ejecución de los mismos. A ese respecto quisiera mencionar que el Reglamento posibilita, efectivamente, que no obliga, la realización de Instrucciones técnicas.

En la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar se realizaron, en 2005, diversos trabajos, con una finalidad didáctica y homogeneizadora, relativos a Instrucciones técnicas y administrativas de deslindes, que no fueron aprobados formalmente, aunque han cumplido y cumplen una función orientativa. No obstante, me gustaría destacar que, contrariamente a la opinión expresada, los proyectos de deslinde sí tienen una razonable calidad técnica.

Entendemos, que es la bondad de la justificación técnica la que ha hecho que, en materia de recursos judiciales, en los últimos años, los tribunales han dado la razón, en el 94% de los casos, a los deslindes realizados por la Administración, y únicamente en el 4%, aproximadamente, han estimado totalmente los recursos interpuestos (datos a 31 de diciembre de 2009).

Por último, en relación con los suelos contaminados, materia competencia de la dirección general de la cual soy titular, constituyen uno de los aspectos ambientales que merecen una atención especial en el ministerio, al ser el suelo un importante recurso natural y base de toda actividad humana. En este ámbito, cada vez más son necesarios equipos de trabajo pluridisciplinares, en los que se combinan conocimientos jurídicos y técnicos, medioambientales y agrarios. Por ello, desde el ministerio, se afrontan las políticas en la materia, desde una amplia perspectiva, implicando en ello a funcionarios, abogados, ingenieros, químicos e investigadores.

Y como ya he mencionado antes, una de los más importantes apoyos con el que contamos en esta materia es el del Instituto Geológico y Minero de España que, a través de la encomienda de gestión suscrita con el mismo, se contemplan un amplio abanico de actuaciones en ese sentido.

Sabemos, pues, dónde se encuentran los mejores profesionales, y desde luego contamos con el saber hacer del colectivo de geólogos españoles, con los que afrontamos la problemática de la contaminación del suelo tanto desde el desarrollo de instrucciones técnicas como la del diseño de soluciones en casos de descontaminación. Ni qué decir tiene que contamos con vuestro apoyo y colaboración.

Pero creo que no es el momento de entrar en más detalles. Tiempo habrá para hacerlo. Saben que las puertas del ministerio están completamente abiertas para ustedes, y que podemos buscar fórmulas y formas que posibiliten hacer efectivo ese ofrecimiento de diálogo y apoyo, que yo devuelvo en los mismos términos. Podemos poner en marcha, con la participación de otros colegios interesados, un Foro, una Mesa, o como queramos llamarlo, para reunirnos, con la periodicidad que se estime necesaria, para dialogar y para trabajar juntos, por el bien de nuestro país y de nuestra ciudadanía.

Terminaba Luis su intervención con una cita interesante. Yo le contesto con otra, de Antonio Canovas del Castillo: "La política es el arte de aplicar en cada época aquella parte del ideal que las circunstancias hacen posible". Esto es más cierto hoy, en que, como decía el poeta Mario Benedetti: "Cuando creíamos que teníamos todas las respuestas, de pronto, cambiaron todas las preguntas". Buscar las respuestas adecuadas es cosa de todos y todos.

Por ello, quisiera manifestarles de nuevo la intención del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de intensificar la colaboración con el Ilustre Colegio de Geólogos, y unirme al presidente en el deseo de que todos ustedes tengan unas muy felices fiestas, y ofrecerles mis mejores deseos para el nuevo año.

Muchas gracias.

# Papirosaurios

## Los dinosaurios vuelven a caminar

A través de un conjunto de figuras de dinosaurios realizados en papiroflexia, se pueden observar las enormes posibilidades que tiene este arte aplicado al mundo paleontológico. Un breve resumen de la historia y las características de la papiroflexia completa esta exposición tan singular y exclusiva para el Colegio de Geólogos.

**Texto** | Juan Antonio Díaz Saá, estudiante de Comunicación Audiovisual de la Universidad Complutense de Madrid y miembro de la Asociación Española de Papiroflexia

**Fotos** | Juan Antonio Díaz Saá

Palabras clave

**Papiroflexia, papirofecta, origami, origamista, papel**

Todos, o casi todos, hemos hecho alguna vez una pajarita o un barco de papel que luego metíamos en el agua y la mayoría de las veces ¡hasta flotaba! Lo que no conocemos bien son los orígenes de este arte milenario que se extendió por el mundo entero y hoy constituye una afición numerosa (figura 1).

### ¿Qué es la papiroflexia?

La papiroflexia es el arte del papel plegado que reproduce figuras de la vida cotidiana: animales, criaturas fantásticas, vehículos, figuras geométricas... y hasta dinosaurios.

La palabra papiroflexia procede del latín *papyrus*, que significa papel, y de *flexus*, que hace referencia a la acción de doblar o flexionar algo; su palabra homóloga *origami*, el término japonés para referirse a este arte, posee el mismo significado: *ori*, doblar y *kami*, papel.

La papiroflexia "ortodoxa", parte siempre de un papel cuadrado, aunque existan algunas figuras que se pliegan a partir de triángulos, rectángulos y otros polígonos, no obstante todos los dinosaurios de las fotografías están plegados a partir del cuadrado. El pegamento está totalmente prohibido, por lo que un origamista que se precie jamás confesará haberlo utilizado.

La modalidad modular consiste en elaborar una figura utilizando para ello piezas diferentes o iguales, que se ensamblan, como el esqueleto de *Tyrannosaurus rex* del origamista Issei Yoshino, que consta de 20 unidades diferentes.

El tipo de papel elegido para hacer una figura es muy importante, ya que dependiendo de las características de la misma se elegirá uno u otro tipo, es decir, un modelo que para su acabado final necesite 200 pliegues, si se usa para ello un papel de alto gramaje, podemos correr el riesgo de que se nos haga difícil el plegado o de que se nos rasgue el papel.

Hay en el mercado una gran variedad de papeles: papel de seda, papel Canson, papel kraft



Figura del Pato Lucas realizada en papel.

(como el usado para plegar el *Tuojiangosaurus* de Fumiaki Kawahata), papel piel de elefante (usado para plegar el *Coelophysis* de Shatoshi Kamiya) y un larguísimo etcétera.

A pesar de la abundancia de tipos de papel, cada creador aplica diferentes procedimientos para tratar el papel: el método del papel sándwich y el del papel humedecido son tratamientos clásicos utilizados por todos los origamistas, pero hay innovadores que investigan sus propias técnicas, como es el caso de Manuel Sirgo y su tratamiento del papel de seda con meticelulosa.

La técnica del papel sándwich se basa en la combinación del papel metalizado con el papel de seda; usando pegamento, pegamos una capa de papel de seda sobre una de las caras del papel metalizado, y pegamos otra capa de papel de seda en la cara contraria, como si fuera un sándwich (de ahí el nombre). De esa manera obtenemos tres capas: una capa central de papel metalizado, que dará consistencia al modelo, y otras dos capas de papel de seda, que le aportarán el color. Un ejemplo de una figura plegada con papel sándwich sería el *Estegosaurus* de John Montrol.



Figura 1. Salón de una convención de origamistas.

También se puede realizar un sándwich con otros tipos de papel, sin utilizar necesariamente el papel de seda; podríamos hacer un sándwich con una capa de papel metalizado y otra capa de papel lokta, como en el caso del *Dimetrodon* de Fumiaki Kawahata.

La técnica del papel humedecido también es muy popular. Esta técnica se basa en humedecer el papel (y no mojarlo) con un pulverizador de forma constante durante el proceso de plegado; con el moldeado final de la figura se suelen usar pinzas de tender que ofrezcan resistencia para mantener los plegados. Una vez esté seca la figura, ésta quedará completamente rígida y moldeada. Normalmente, esta técnica se suele usar sobre papeles de alto gramaje, como el Canson o el papel piel de elefante, para hacerlos más flexibles y manejables durante el plegado. La técnica se suele usar en figuras de animales vigorosos y robustos, debido al efecto que se obtiene cuando el papel humedecido se seca. El *Brontosaurus* de Satoshi Kamiya está plegado con esta técnica.

El papel usado para el dragón de Hideo Komatsu es un caso especial. La papiroflexia, como todo, es un arte en constante renovación. Este dragón está hecho a partir de la técnica del papel sándwich, sin embargo el papel no es papel seda, sino que son servilletas de papel del Mercadona tratadas con meticelulosa y pegadas sobre papel metalizado.

Por último añadir que entre los origamistas hay especialidades, no sólo en cuanto al tratamiento del papel, sino algo mucho más importante, la temática, que va desde un biólogo que hace moléculas de ADN hasta un cristalógrafo que hace sólidos.

El papel lo aguanta todo.

### Una pequeña historia de la papiroflexia

La historia de la papiroflexia comienza en dos antiguos imperios de Oriente: en el imperio chino, que es donde surgió la técnica de fabricación del papel, y el imperio japonés, donde se cultivó el arte del *origami*.

Sobre cómo surgió la técnica de fabricación del papel, existe un relato que cuenta que, en el año 105 d.C., un miembro de la corte del emperador chino Han Ho-Ti ideó un sistema para conseguir papel mezclando cortezas de árbol y de cañamo, trozos de trapos y redes de pescar que, humedecido todo en un cubo de agua, batiría hasta desintegrarlos. Así, se conseguía una pasta que se introducía en un molde, obteniéndose una capa de fibras entrelazadas, que prensadas y secadas se mantenían firmes.

El imperio chino se encargó muy bien de guardar el secreto de la técnica de fabricación del papel. No fue hasta el año 751 d.C., durante la batalla de Samarkanda, donde se enfrentaron chinos contra árabes, cuando el secreto se extendió entre el mundo islámico a través de dos prisioneros chinos que desvelaron el secreto a los árabes a cambio de su libertad; a través de la España musulmana, se extendería por el resto de Europa.

La aparición del arte del *origami* se encuadra dentro del periodo Heian (entre los años 794 y 1185 d.C.), época donde se datan las primeras figuras de papel, ligada con la religión sintoísta de Japón. En las bodas sintoístas, se plegaban dos mariposas de papel: *o-cho* (la mariposa macho) y *me-cho* (la mariposa hembra), ambas simbolizaban a cada uno de los cónyuges. Las mariposas se introducían en dos botellas de sake y, durante la ceremonia, se mezclaba el contenido de sendas botellas en una sola copa, que era ofrecida a los novios. Esto constituía un símbolo de amor

La historia de la papiroflexia comienza en dos antiguos imperios de Oriente: en el imperio chino, que es donde surgió la técnica de fabricación del papel, y en el imperio japonés, donde se cultivó el arte del *origami*

constante y unión de la pareja. Durante el periodo Edo (1603-1867), el *origami* deja de ser un arte exclusivo de la religión sintoísta para convertirse en un arte popular. En 1797, se había publicado *Hidden Sembazuru Orikata (El secreto para plegar mil grullas de papel)*, el primer libro de papiroflexia que explica a través de instrucciones cómo plegar 49 grupos de grullas unidas entre sí.

No obstante, Japón no fue el único país que desarrolló una cultura de la papiroflexia. En España, una de las personalidades que más veneramos es al pensador Miguel de Unamuno, que no sólo contribuyó al mundo de la papiroflexia con la creación de sus propios modelos de papel, sino que además escribió *Apuntes sobre un tratado de cocotología*, un apéndice de su obra *Amor y pedagogía*, donde hablaba de la papiroflexia (o "cocotología", como él la llamaba). Asimismo, el doctor Vicente Solórzano, otro gran origamista español, trató de motivar desde 1950 la creación de una asociación que reuniera a todos los aficionados a la papiroflexia en España; hecho que sucederá el 19 de diciembre de 1980, con la constitución de la Asociación Española de Papiroflexia, una de las muchas organizaciones dedicadas a fomentar la papiroflexia a través de convenciones, reuniones que se celebran cada año y reúnen a todos los aficionados de todas las partes del mundo para plegar con los grandes maestros (figura 1).

### Agradecimientos

Al paleontólogo José Ignacio Canudo, profesor de Paleontología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.



**TYRANNOSAURUS REX**

ORDEN: SAURISCHIA  
FAMILIA: TYRANNOSAURIDAE  
GÉNERO: *TYRANNOSAURUS*  
ESPECIE: *TYRANNOSAURUS REX*

Alimentación: carnívoros (algunos opinan que carroñero, al menos ocasional)  
Tamaño: 15 m de largo 7 m de altura  
Peso: 8.000 kg  
Período: Cretácico Superior  
Continente: Norteamérica (EE UU)  
Hábitat: continental

Es uno de los carnívoros terrestres más grandes que han existido en la historia de la Tierra. Se caracteriza por su enorme cabeza y sus diminutos brazos. Fue uno de los dinosaurios que se extinguieron al final del Cretácico.



**COELOPHYSIS**

ORDEN: THEROPODA  
 FAMILIA: COELOPHYSIDAE  
 GÉNERO: *COELOPHYSIS*  
 ESPECIE: *COELOPHYSIS BAURI*



Alimentación: carnívoros  
 Tamaño: 3 m de largo  
 y un metro de altura  
 Peso: unos 30 kg  
 Periodo: Triásico Superior  
 Continente: Norteamérica (EE UU)  
 Hábitat: continental

Es un dinosaurio pequeño y grácil, muy diferente a muchos de los reptiles que vivían con él. Es uno de los dinosaurios mejor conocidos, ya que se encontraron docenas de esqueletos en un yacimiento famoso ("Ghost Ranch") para la paleontología de dinosaurios.

**ESTEGOSAURUS**

ORDEN: ORNITHISCHIA  
 FAMILIA: ESTEGOSAURIDAE  
 GÉNERO: *ESTEGOSAURUS*



Alimentación: herbívoros  
 Tamaño: 8 m de largo  
 Peso: 4.000 kg  
 Periodo: Jurásico Superior  
 Continente: Norteamérica (EE UU)  
 y Europa (Portugal)  
 Hábitat: continental

Se conocen varias especies de dinosaurios del género *Estegosaurus*, que se caracterizan por sus enormes placas dorsal en su dorso. Estas placas posiblemente tendrían un mecanismo termorregulador, es decir para controlar la temperatura corporal.

**DIMETRODON**

ORDEN: PELYCOSAURIA  
FAMILIA: SPHENACODONTIAE  
GÉNERO: *DIMETRODON*

Alimentación: carnívoros  
Tamaño: 3 m  
Peso: 200 kg  
Período: Pérmico  
Continente: Norteamérica (EE UU)  
Hábitat: continental costero.

Su cresta parece ser un órgano regulador de la temperatura corporal. Es un reptil más emparentado con los mamíferos, de los que se considera su lejano antecesor, que con los dinosaurios.



**APATOSAURUS  
(BRONTOSAURUS)**

ORDEN: SAURISCHIA  
FAMILIA: DIPLODOCIDAE  
GÉNERO: *APATOSAURUS*

Alimentación: herbívoros  
Tamaño: 26 m de largo  
y 4,5 m de altura  
Peso: 24 TN  
Período: Jurásico Superior  
Continente: Norteamérica (EE UU)  
Hábitat: continental

Vivían en manadas pastoreando.



**TUOJIANGOSAURUS**

ORDEN: ORNITHISCHIA  
 FAMILIA: ESTEGOSAURIDAE  
 GÉNERO: *TUOJIANGOSAURUS*  
 ESPECIE: *TUOJIANGOSAURUS*  
*MULTISPINUS*

Alimentación: herbívoros  
 Tamaño: 7 m de largo por 2 de alto  
 Peso: 4.000 kg  
 Periodo: Jurásico Superior  
 Continente: Asia (China)  
 Hábitat: continental

Es un dinosaurio que tendría un comportamiento y hábitats similares al famoso *Stegosaurus* del Jurásico Superior de Norteamérica. El género *Tuojiangosaurus* sólo está representada por esta especie.



**DRAGÓN**



# II Congreso Internacional VERSOS'10: vertederos y sostenibilidad

## Éxito de participación y gran nivel científico

Los días 10, 11 y 12 de noviembre, organizado por la iniciativa VERSOS, impulsada por el Colegio Oficial de Geólogos del País Vasco y con el patrocinio de diversas empresas, se celebró en la Alhóndiga Bilbao la segunda edición del Congreso "VERSOS'10: vertederos y sostenibilidad. Mejores Tecnologías Disponibles".

**TEXTO** | Guillermo Bernal, Alfonso García de Cortázar, Miguel Gómez y Aitor Zulueta (geólogos)

**FOTOS** | Colegio de Geólogos del País Vasco

Palabras clave

**Vertederos, VERSOS, sostenibilidad**

Este congreso ha supuesto una oportunidad para intercambiar las últimas experiencias en cuanto a las MTD's (Mejores Tecnologías Disponibles) aplicadas a vertederos controlados, fomentando los aspectos prácticos de las mismas, en un enfoque aplicado de interés para las empresas del sector (constructoras, suministradoras y gestoras), para la Administración y demás agentes implicados.

Pese a estar considerados como la última opción en la jerarquía de sistemas de tratamiento de residuos, los vertederos son necesarios en cuanto que son la única alternativa para los residuos no valorizables. Como se comentó durante las ponencias, "debemos seguir potenciando al máximo la minimización de residuos, la reutilización y el reciclaje de los mismos, pero ciertas fracciones no pueden ser valorizadas, y en estos casos, los vertederos son la única técnica de tratamiento", VERSOS'10 ha supuesto la segunda edición de un congreso que, con una frecuencia bienal, está llamado a constituirse en un referente a nivel estatal entre los certámenes cuya temática sea la tecnología e ingeniería de vertederos.

El número de asistentes a las jornadas, en las que se combinaron las ponencias con las visitas a vertederos, ha sobrepasado las 160 personas, siendo significativa la presencia de asistentes de 15 comunidades autónomas, además de asistentes de otros países de la Unión Europea.

En total, se impartieron 23 ponencias de alto contenido técnico a lo largo de seis sesiones en las que se trataron aspectos tales como el tratamiento de lixiviados, el aprovechamiento del biogás, la problemática de los sellados, los usos posclausura, los balances hídricos, el control telemático del traslado de los residuos desde los productores hasta los vertederos o el control de la fauna de los vertederos mediante cetrería.



Figura 1. Inauguración del congreso por parte del alcalde de Bilbao, Iñaki Azkuna, a la derecha, y del presidente del Colegio de Geólogos del País Vasco, Miguel Gómez, a la izquierda.

En la tercera jornada se realizaron visitas técnicas al vertedero de Artigas (Bilbao), donde técnicos del Ayuntamiento de Bilbao, propietario de esta instalación, explicaron a los congresistas las últimas tecnologías aplicadas en su gestión, así como al vertedero de RSU y a la celda de seguridad de tierras contaminadas por lindane de Argalarjo (Barakaldo), de la mano de técnicos del IHOBE.

La iniciativa VERSOS cuenta con una web ([www.versos.org.es](http://www.versos.org.es)), que nace con vocación de constituirse en referente de las MTD's en el ámbito de la ingeniería de vertederos y donde pueden encontrarse todas las ponencias de este Congreso, así como artículos técnicos, legislación, enlaces con las MTD's, hojas y métodos de cálculo, intercambios-foros de opinión, certámenes, eventos, y novedades de mercado.

### Inauguración

El acto de inauguración (figura 1) fue presidido por D. Iñaki Azkuna, alcalde de Bilbao, que agradeció la presencia de los congresistas, animándoles a complementar las sesiones técnicas con las múltiples ofertas culturales que ofrece la ciudad. A continuación, Miguel Gómez, presidente de la Delegación en el País Vasco del Colegio Oficial de Geólogos y miembro del comité organizador de VERSOS'10, incidió en el importante papel desarrollado por los geólogos en este campo, donde es uno de los colectivos profesionales con mayor presencia.

### Ponencias

Las ponencias fueron presentadas a lo largo de dos intensos días de sesiones:



Figura 2. Visita a la planta de tratamiento de lixiviados del vertedero de RU de Artigas (visita por cortesía del Ayuntamiento de Bilbao).

## Debemos seguir potenciando al máximo la minimización de residuos, la reutilización y el reciclaje de los mismos, pero ciertas fracciones no pueden ser valorizadas y, en estos casos, los vertederos son la única técnica de tratamiento

### Primera sesión

En la primera ponencia, Mikel Ballesteros (Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno Vasco) habló sobre la tramitación electrónica de los documentos de aceptación, de seguimiento-control y eDMA. En la segunda, Marta Ruiz Cerrillo (del Bufete Ruiz Cerrillo) disertó sobre la responsabilidad asociada al cierre de los vertederos que proyectan un uso posclausura.

### Segunda sesión

La segunda sesión contó con cuatro ponencias: Inma Mugerza (Hydrolur) e Iñaki Antigüedad (UPV-EHU), en la primera ponencia, y Francesc Ferrer (Labferrer) y Álvaro Hernández (consultor), en la segunda presentaron interesantes trabajos sobre el cálculo de los balances hídricos en vertederos. Carlos Luengo (Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno Vasco) trató el comportamiento hidráulico a largo plazo de los geocompuestos de bentonita. Por último, Enrique Aracil (Análisis y Gestión del Subsuelo)

expuso la aplicación de técnicas geofísicas 2D y 3D para el control de posibles filtraciones en vertederos.

### Tercera sesión

La tercera sesión, celebrada en horario de tarde, contó con cuatro ponencias. Las tres primeras versaron sobre el tratamiento de lixiviados, mostrándose diferentes casos prácticos. Fueron impartidas por Josep Casañas (Tradebe), Francisco Balsera (MP Medio Ambiente) y Enrique Roca (Sidas). La última ponencia, con la que se cerró la primera jornada, fue impartida por Julen Zubergoita (Euskalfalcon), que expuso el uso de la cetrería para el control de la fauna en los vertederos.

### Cuarta sesión

La cuarta sesión contó con cinco ponencias, teniendo cuatro de ellas como protagonistas a los geosintéticos. Los ponentes fueron Daniel Castro Fresno (Laguc Laboratorio de Geosintéticos de la Universidad de Cantabria), Pedro Abad

(Cetco Iberia), Mario García (Atarfil) y José Miguel Muñoz (Sotrafa). Por último, Katia Werth (Naue) presentó una clarificadora ponencia sobre estabilidad de taludes en el sellado de vertederos.

### Quinta sesión

La quinta sesión contó con cuatro ponencias. Guillermo Bernal (Lurgintza) habló sobre la detección y desarrollo de patologías en geosintéticos aplicados a obras de drenaje e impermeabilización. A continuación, Joeri Jacobs (GtS-Gastreatment Services, Netherlands) presentó la ponencia "Landfill Biogas quickscans and case studies on Biogas capture and burning". Elisabet González (Cespa) presentó "La utilización de microturbinas para el aprovechamiento energético del biogás de vertedero". La última ponencia corrió a cargo de Javier Ugarte (Terranova), que repasó los principales problemas en obra durante los trabajos de sellado de vertederos.

### Sexta sesión

La última sesión contó con cuatro ponencias. Tras una primera de Javier Moreno (Terratest Medio Ambiente) que trató sobre las "Obras de sellado y clausura del vertedero de emergencia de Son Reus de Palma de Mallorca", se dio paso a tres ponencias que trataron sobre el uso postclausura de diferentes vertederos, siendo los ponentes María Teresa Machado (Grupo HERA), Ramón Román (Inek), y Guillermo Lacarra y Steffern Ritterbusch (Ingeniería Proyectos de Navarra, S.L.-Thermo System).

### Acto de clausura

El acto de clausura lo inició Miguel Gómez, presidente de la Delegación en el País Vasco del Colegio Oficial de Geólogos, que agradeció a todos los presentes su asistencia y anunció la intención del comité organizador de convocar dentro de dos años VERSOS'12. Por último, se dirigió a los presentes Nieves Terán, viceconsejera de Medio Ambiente del Gobierno Vasco, que en su interesante intervención felicitó a los organizadores y repasó las próximas acciones a realizar en materia de gestión de residuos por parte de su Viceconsejería.

### Visitas técnicas

El viernes 12 de noviembre, último día del Congreso, 60 asistentes acudieron a las instalaciones del actualmente operativo vertedero de Artigas (Bilbao) y al lugar donde se desarrolló años atrás la restauración del vertedero de RSU y construcción de la celda de seguridad de tierras contaminadas por lindane en Argalarío (Barakaldo).

En Artigas, miembros del Ayuntamiento de Bilbao (titular del vertedero) recibieron a los congresistas agradeciendo al Colegio de Geólogos la oportunidad de hacerlo y de mostrar las, realmente, magníficas instalaciones y métodos de



Figura 3. Uso de la cetrería para ahuyentar a las gaviotas de los vertederos.



Figura 4. Visita al vertedero de RU y a la celda de seguridad de tierras contaminadas por lindane de Argalarío-Barakaldo (visita por cortesía de IHOBE).



Figura 5. El miembro del Consejo de Gobierno del Colegio del Geólogos del País Vasco y coorganizador del congreso, Alfonso García de Cortázar, atendiendo a los medios de comunicación.

operación y gestión que allí se aplican. Tras la recepción se visitaron, guiados por los técnicos directamente implicados en la gestión diaria del vertedero y en las actuaciones que en él se están acometiendo, diversas instalaciones y obras: planta de tratamiento de lixiviados (figura 2), aula medioambiental y de interpretación, obras de sellado de fases ya completadas, red y sistema de desgasificación, uso de cetrería (figura 3), etc. Pudo observarse también la planta de compostaje promovida por la Diputación Foral de Bizkaia, en construcción, que se levanta sobre el sellado de una plataforma del propio vertedero. Finalmente, se tuvo la ocasión de ver de cerca el halcón que se utiliza para controlar la proliferación de gaviotas y otra fauna en el vertedero.

Tras esta visita a Artigas, los congresistas se dirigieron a Argalarío (Barakaldo) donde miembros de IHOBE (Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco) ejercieron de anfitriones y mostraron y explicaron las actuaciones desarrolladas años atrás para resolver simultáneamente dos graves problemas medioambientales: las tierras contaminadas por lindane que aparecieron en muchos puntos diseminados de la geografía y el antiguo vertedero de RSU que originaba lixiviados incontrolados y graves problemas de estabilidad. El primer problema se resolvió mediante la construcción de una celda de seguridad donde se depositaron las tierras contaminadas para, inmediatamente, ser sellada y aislada del medio exterior. El vertedero de RSU fue simultáneamente estabilizado y sellado (figura 4). El gran éxito de esta compleja operación queda puesto de manifiesto hoy en día cuando, como los congresistas, se tiene la oportunidad de visitar el lugar convertido en una zona ajardinada.

Durante las visitas, diferentes medios de comunicación locales y regionales se hicieron eco de la presencia de los congresistas en estas infraestructuras medioambientales (figura 5). Fruto de ello fue la posterior aparición y mención en radio, prensa y televisión del congreso y del Colegio de Geólogos como impulsor del mismo.

### Hacia VERSOS'12

El proyecto VERSOS continúa. Nuestra propuesta sigue siendo abrir esta iniciativa a todos los geólogos y técnicos interesados en el ámbito de la ingeniería de vertederos.

El éxito obtenido da solución de continuidad hacia VERSOS'12, certamen para el cual los organizadores se han puesto como objetivos conseguir una pluralidad disciplinar aún mayor tanto en ponentes como en asistentes, proseguir en la internacionalización del certamen y un posible incremento de dos a tres jornadas de trabajo, para lo cual se buscará un formato participativo que aumente si cabe el número de asistentes.

# El litio: esperanza o mito

¿Es el litio el mineral que condicionará el futuro energético de la Tierra, o es una moda pasajera? Se describe el estado actual del conocimiento mundial sobre esta emergente materia prima, sus producciones, aplicaciones y posibilidades reales de desarrollo en el planeta.

**TEXTO** | Prof. Manuel Regueiro y González-Barros, EuroGeol, especialista en recursos minerales. Instituto Geológico y Minero de España. Departamento de Cristalografía y Mineralogía (UCM)

Palabras clave  
**Litio, sales, coches eléctricos, aplicaciones**

Se viene insistiendo desde hace algún tiempo en diversos medios de comunicación en que el litio será el oro blanco del futuro, el milagroso sustituto del petróleo y otra serie de calificativos similares, que sitúan a este elemento entre la mitología y la realidad, en especial cuando en todo el mundo se habla ya del inmediato tránsito global (en las economías desarrolladas) del vehículo impulsado por combustibles fósiles al vehículo eléctrico.

La simplificación periodística hace que se hable del litio, cuando el litio metal (el más ligero de todos los metales por cierto, ya que su densidad es la mitad de la del agua y tiene el nº atómico de 3; y, además, el litio metálico se puede cortar con un cuchillo) no existe en la naturaleza y siempre aparece en forma de compuestos debido a que es muy reactivo. Es el carbonato de litio el mineral industrial del que hablan en general cuando hablan del litio.

El litio, por tanto, aparece en la naturaleza en forma de diversos minerales (hasta 145 minerales) pero sólo algunos de ellos tienen utilidad industrial. Por un lado están los silicatos de las rocas ígneas, especialmente las pegmatitas [entre muchos otros, espomudena, lepidolita (figura 1), petalita, eucryptita, ambligonita y hectorita,



Figura 1. Cristales de lepidolita.



Figura 2. Salares en los Andes. (Fuente: Revista DT, España).

está última, por cierto, es un tipo de arcilla]. Por el otro, las sales que se encuentran en depósitos evaporíticos (salinas) de edad Terciaria (es decir, geológicamente recientes, apenas entre 65 y 5 millones de años) y próximos a cadenas de volcanes (figuras 2 y 3), de las cuales la principal es el cloruro de litio. También se especula con la posible extracción de litio del agua de mar y de las plantas de geotermia de alta temperatura.

De ambos tipos de minerales se puede obtener, y de hecho se obtiene, el preciado carbonato de litio, pero desgraciadamente el coste de hacerlo a partir de los silicatos es comparativamente mucho mayor que a partir de las sales, lo que en la práctica hace que la mayor parte de la actual producción mundial de carbonato proceda de las sales de litio. No obstante, el continuo ascenso del precio del litio podría volver a hacer económica la explotación de muchas pegmatitas que fueron las pioneras en la producción del litio (la primera se explotó en Alemania y era el mineral zinwaldita, otra mica de litio como la lepidolita), hasta que en 1966 se empezó a explotar el

litio de las salmueras del Silver Peak en Nevada (Estados Unidos).

El litio se emplea en tres formas básicas: como concentrado de minerales de litio, como litio metálico o en forma de compuestos de litio.

Los minerales de litio se emplean directamente en la industria del vidrio y en las pastas o los esmaltes cerámicos. En España hay producción de lepidolita en Salamanca, que se destina a la industria cerámica en Castellón.

El litio metal se usa en la metalurgia no férrea y en aleaciones con aluminio o con magnesio, ya que estas aleaciones tienen una elevada resistencia a la tracción y resistencia térmica.

Por su parte, el carbonato de litio se emplea en la industria cerámica, en las celdas de producción de aluminio, en el tratamiento farmacológico del desorden bipolar y, cada vez con más intensidad, en baterías recargables de equipos electrónicos portátiles (ordenadores, mp3, teléfonos móviles, etc.) y, en especial en los últimos tiempos, en las de los vehículos eléctricos. Hay muchos más usos del litio (combustible de cohetes



Figura 3. Salares en los Andes. (Fuente: Revista DT, España).

y torpedos, usos nucleares, jabones, purificación de aire, pirotecnia, etc.) y otros compuestos de litio que se emplean en la industria como el hidróxido de litio, el cloruro de litio con mayor o menos contenido de sodio, el fosfato de litio y el nitrato de litio. Un uso peculiar del litio se da en el tratamiento de la reactividad árido-álcali, que produce el colapso de presas que hayan utilizado áridos reactivos.

Actualmente, la producción mundial de carbonato de litio ronda las 120.000 t/año, es decir, unas 23.000 t/año de litio contenido (figura 4). Esa producción procede fundamentalmente de los salares de Chile (salar de Atacama, 7.400 t/año), Argentina (salar del Hombre Muerto, 2.200 t/año), Estados Unidos (Clayton Valley, 10.000 t/año) y China (Zhabuye y Cuenca de Quidan, 2.300 t/año), y la explotación de pegmatitas de Canadá (Tanco,

480 t/año), Brasil (Minas Gerais y Sao Paulo, 110 t/año) y Australia. En Greenbushes, en el oeste de Australia, se explota espomudena, y este año la capacidad de producción alcanzará las 330.000 t de mineral, equivalentes a 34.000 t de carbonato de litio. El mineral australiano se exporta bruto casi en su totalidad a China donde se procede a su transformación en carbonato.

Las reservas (volumen de los yacimientos de minerales de litio cuya existencia se ha demostrado geológicamente, por sondeos y ensayos, que son económicamente explotables actualmente) se estiman entre 4,5 y 6,8 Mt de litio contenido, equivalentes a entre 24 y 36 Mt de carbonato de litio; por su parte, los recursos (volumen de los yacimientos de minerales de litio que se estima que existen, pero sin pruebas físicas, sólo geológicas, y que podrían pasar a reservas si

En España no se ha realizado una investigación a escala nacional pero el Instituto Geológico y Minero tiene previsto realizarla en los próximos años

una vez investigados cambian las condiciones económicas del mercado) alcanzan entre 19 y 28 Mt de litio contenido, equivalentes a entre 100 y 150 Mt de carbonato de litio.

De los recursos conocidos, el salar de Uyuni en Bolivia (figuras 5 y 6) parece que contiene 5,4 Mt de litio contenido que el Gobierno boliviano pretende poner en explotación en breve (aunque no será antes de 4 o 5 años, ya que Bolivia carece de la experiencia técnica para resolver los problemas de explotación y tratamiento que plantea el mineral del yacimiento). La empresa estatal Comibol está construyendo una planta piloto de 500 t/año que estará terminada en 2011.

Argentina, además de su producción en el salar del Hombre Muerto, dispone de dos yacimientos que están siendo investigados actualmente en La Puna, en la provincia de Jujuy: Susques, con unas reservas estimadas en 8,1 Mt de litio contenido, y el salar de Olaroz.

El resto de los recursos mundiales están en los yacimientos en explotación y en otros lugares del mundo o de los países explotadores como Zimbabue, Finlandia, Zaire, Estados Unidos, Australia, China, Tíbet o Rusia.

De momento, en España no se ha realizado una investigación a escala nacional, pero el Instituto Geológico y Minero tiene previsto realizarla en los próximos años. Sin embargo, y aparte de las explotaciones de lepidolita en pegmatitas existentes en Salamanca para su empleo en la industria cerámica, existe un interesante yacimiento de aguas termales en El Arteal (Almería) con contenidos en litio que hoy podrían ser de interés.

Fueron las explotaciones de plomo y plata de la histórica Sierra Almagrera, en Almería, las que interceptaron, a comienzos del siglo XX, un acuífero termal que debía ser desaguado para acceder a las partes más profundas de los ricos filones de plata que, a niveles muy superficiales, habían sido explotados por varias culturas, especialmente la cartaginesa. La temperatura alcanzaba los 50 °C y constituía un grave inconveniente para las explotaciones. La investigación

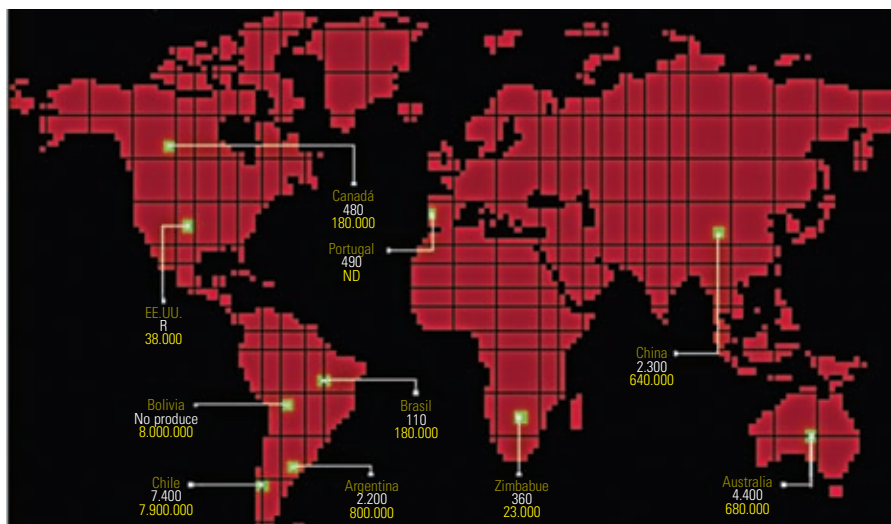


Figura 4. Producción y reservas de litio en el mundo (2009). (Fuente: Revista DT, septiembre de 2010).

posterior llevada a cabo a mediados de los años setenta por parte de la compañía del INI, Minas de Almagrera, en colaboración con la multinacional Peñarroya España, se centró precisamente en el contenido en litio de esas fuentes termales profundas, aunque también se consideraron otros elementos acompañantes, tales como el magnesio, el potasio, el rubidio e incluso su contenido calorífico y el agua residual, ya que ese elemento constituye un bien de gran valor en esta zona de España. Los contenidos en sales de las aguas eran: 71g/l de ClNa, 65g/m<sup>3</sup> de Li, 620 g/m<sup>3</sup> de Mg y 17 g/m<sup>3</sup> de Rb.

Además de la investigación del acuífero, se realizó un estudio de laboratorio con el objeto de concentrar el litio y obtener un producto comercializable. Esto se alcanzó en forma de fosfato de litio con una recuperación superior al 50% del metal contenido.

Las minas de la sierra Almagrera bombearon, en 47 años, 111 Hm<sup>3</sup> de aguas termales con un contenido de 5.550 toneladas de litio. Al comienzo del proyecto se barajaba el bombeo de 10.000 m<sup>3</sup> de agua termal por año, para una producción de 180 t/año de litio. El proyecto Almagrera-Peñarroya avanza unas cifras de recursos potenciales entre 9.000 t Li y 11.000 t Li. Teniendo en cuenta los precios de los productos de litio de esa época, el proyecto se dio por concluido por no alcanzar los niveles de rentabilidad impuestos en el programa.

Tal y como parece que evolucionan los precios del litio (el carbonato ha pasado en tres años de 400 €/t a 6.200 €/t) debido a un crecimiento de la demanda de entre el 7 y el 8% anual (con la salvedad del bajón de la demanda en 2009 que provocó la crisis global y además produjo excedentes de litio en el mercado) —actualmente el consumo ya supera la producción de carbonato de litio, lo que naturalmente ha hecho subir los precios de modo exagerado— cada vez serán mayores los recursos de litio que pasarán a la categoría de reservas. Se estima que la demanda de litio en todas sus formas alcanzará en 2020 las 54.000 t/año de litio contenido, es decir, unas 290.000 t de carbonato de litio equivalente.

La razón del consumo exagerado no está todavía en la producción de baterías, ya que en realidad la producción de baterías sólo representa hoy el 15% de la producción (figura 7). El mayor consumo de litio en forma de carbonato está en la industria del vidrio (6.000 t/año de litio contenido), seguido por las aleaciones (4.500 t/año de litio contenido) y las baterías de todos los tipos (4.000 t/año de litio contenido). El resto de usos: esmaltes cerámicos, lubricantes, productos farmacéuticos, polímeros, gomas y cargas, consumen menos de 2.000 t/año de litio contenido cada uno.

Así que el futuro del litio está ligado a la evolución de la producción de los coches eléctricos,



Figura 5. Salar de Uyuni, en Bolivia. (Fuente: Revista DT, España).



Figura 6. Salar de Uyuni, en Bolivia. (Fuente: Luca Galuzzi, 2006).

que son los que provocarán el aumento exponencial de la demanda a partir de 2011. Pero no será hasta 2014 en que los expertos consideran que el litio para baterías de coches superará el consumo de litio para vidrios.

Las cuestiones que se plantean entonces son: ¿es el litio la panacea universal que salvará



Figura 7. Batería de coche. (Fuente: Revista DT, España).

al mundo del agotamiento de los recursos de petróleo? ¿Es inagotable este recurso verde? O, por el contrario, ¿nos encaminamos a pasar de una dependencia contaminante a otra tecnológica que además tiene una componente geopolítica y estratégica parecida a la del petróleo? Para responder a estas preguntas hay que estudiar primero el mercado del vehículo eléctrico, ver si hay alternativas al litio en las baterías y conocer las previsiones de producción mundial de este novedoso segmento de la automoción.

La producción mundial de vehículos ligeros es de alrededor de 65 millones de unidades, a los que hay que añadir 10 millones de vehículos comerciales. De esos vehículos, actualmente la producción de vehículos híbridos (HEV) ronda las 800.000 unidades, fundamentalmente vendidos en los Estados Unidos. La previsión es que entre los vehículos híbridos (tipo Toyota Prius), los híbridos enchufables (PHEV) y los eléctricos

## Estas cifras, por mucho que ahora se hable del cambio al vehículo eléctrico como solución al problema del petróleo, ya muestran que los vehículos híbridos o los enchufables no van a ser la solución en el medio plazo

enchufables (PEV), la demanda mundial alcance en 2020 los 4,5 millones de unidades. En ese año es posible que la demanda supere la oferta, ya que la producción mundial de vehículos eléctricos (VE) según una proyección de un estudio de Morgan Stanley para los Estados Unidos alcanzará en todo el mundo los 8 millones de unidades en 2015.

Estas cifras, por mucho que ahora se hable del cambio al vehículo eléctrico como solución al problema del petróleo, ya muestran que los vehículos híbridos o los enchufables no van a ser la solución en el medio plazo. Además, en todo caso, el mayor desarrollo esperable es en los vehículos híbridos y no en los vehículos eléctricos enchufables (es decir, los que funcionan exclusivamente con baterías), por lo que el petróleo seguirá siendo el principal combustible del mundo. No obstante, es evidente que los gobiernos están apostando por el vehículo eléctrico de uno u otro tipo y, naturalmente, eso puede incentivar la creatividad de los fabricantes.

Las baterías de litio son hoy por hoy la base del desarrollo de los vehículos eléctricos, eso es indudable. Actualmente, los fabricantes de vehículos híbridos están utilizando baterías de Ni-MH (níquel e hidruro metálico) (GM, Honda, Toyota) —que son también las más corrientes en la electrónica de consumo— baterías de NiCd (Citroën, Ford, Peugeot y Renault) o baterías de Li-Ion (Nissan). Sin embargo, la mayoría de los fabricantes de PHEV y PEV tienen previsto cambiar a baterías de litio.

La cantidad de litio que hace falta según el tipo de VE y la capacidad de la batería se incluye en la tabla 1.

Cada kilovatio/hora de capacidad de batería reducirá alrededor de 190 l de combustible convencional (gas-oil o gasolina).

La batería de un vehículo eléctrico híbrido típico cuesta entre 2.300 y 10.000 €. El litio necesario para la manufactura de la batería a un precio de 7 €/kg es de alrededor de 74 € para un vehículo eléctrico grande (menos del 0,5% del precio total de la batería). Es decir, que el precio del litio no debería afectar mucho a la producción de este tipo de baterías.

Sin embargo, para producir 5 millones de vehículos eléctricos con baterías de 35 kWh serían necesarios 250.000 t de carbonato de litio; es decir, dos veces la producción mundial actual de carbonato de litio para todos los usos.

Se debe también considerar el hecho de que el reciclado de las baterías de litio es posible y deseable, ya se hace con las baterías convencionales y habrá que hacerlo con las de litio también. Cuanto más suba el precio del litio, más rentable será el reciclado de baterías.

Finalmente, hay más tipos de baterías además de las de litio. Las más corrientes son las de níquel-hidruro metálico (NiMH), las Zebra (sodio-cloruro de níquel, NaNiCl) y las de Zinc-Aire o célula de combustible (ZnAir). Estos tipos de baterías pueden ser buenas alternativas a las de litio o podrían coexistir con ellas para permitir un mejor

reparto de los recursos minerales necesarios para producirlos; de hecho, los recursos de níquel o de zinc del mundo son mucho mayores que los de litio.

Es evidente que el litio conocido que hay actualmente en el planeta no será capaz de mover los 800 millones de vehículos de todos los tipos que hay hoy en el mundo de un modo simultáneo, pero puede ser un elemento de partida para empezar a hacerlo. El problema de la disponibilidad de recursos de litio no debería serlo si el proceso de tránsito hacia un mundo con más coches eléctricos se hace progresivamente, se emplean diferentes tipos de baterías —no sólo la basada en el litio— y se aplica una política inteligente de reciclado. Pero además es urgente ponerse a buscar más recursos de litio en todo el mundo, ampliar la producción de todos los yacimientos en explotación, recuperar las explotaciones cerradas por motivos económicos en el pasado y, por lo tanto, poner a la geología y a los geólogos a trabajar en esta apasionante apuesta de cambiar el modelo energético del mundo.

### Bibliografía

- Abell, L. & Oppenheimer, P. (2008). World Lithium Resources Impact on Electric Vehicles. Dec 2008.action.pluginamerica.org/.../World-Lithium-Resource-Impact-on-Electric-Vehicles-v1.pdf
- Anderson, E. R. (2009). Sustainable Lithium Supplies through 2010 in the face of sustainable market growth. TRU Group. Lithium Supply & Markets 2009 IM Conference. www.rsi.ch/dms/home/channels/.../TRU-Lithium-Outlook-2020.pdf
- Industrial Minerals (2010). Supply situation report: Argentina aims for Chile's lithium rank. November 2010.
- Kunasz, I. (2006). Lithium Resources. Industrial Minerals & Rocks 7th Edition. Commodities, Markets & Uses. J. Elzea Kogel, N. C. Trivedi, J. M. Barker & S-T- Krukuswki Editors. 2006.
- Losa, D. (2010). El "petróleo" del siglo XXI. *Revista DT*. Septiembre 2010.
- Ober, J. A. (2007). Lithium. US Geological Survey. Minerals Commodity Summaries. January 2007.
- Tahil, W. (2007). The trouble with lithium. Implication of future PHEV production for lithium demand. Meridian International Research 2007. www1.kamakuranet.ne.jp/oilpeak/pdf\_files/Lithium\_Problem\_2.pdf
- Wikipedia (2010). Lithium. <http://en.wikipedia.org/wiki/lithium>

Tabla 1

Tipo de vehículo	Capacidad de la batería (kWh)	Kg de litio	Kg de carbonato de litio	Precio de la batería €
Vehículo eléctrico híbrido (HEV)	< 3	< 1	4	
Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV) 32 km de alcance sólo con la batería	6	1,8	8,4	2.300
Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV) 96 km de alcance sólo con la batería	18	5,4	25,2	10.000
Vehículo eléctrico de tamaño medio	35	10,5	50	15.000

# Fisuras en inmuebles, causas y soluciones

Cualquier tipo de inmueble está expuesto al desarrollo de una patología, ya sea de reciente construcción o no. Las causas suelen ser o un incorrecto cálculo y dimensionamiento de la cimentación o un fallo en el terreno de apoyo. En este artículo trataremos sus causas más comunes y algunas técnicas de recalce.

**TEXTO** | Ruth Hernández Paredes, geóloga por la UCM y VII Máster en Ingeniería Geológica por la UCM, info@geonovatek.es

**FOTOS** | Ruth Hernández Paredes

Antes de afrontar la lectura del artículo conviene hacer la siguiente consideración: las recomendaciones expuestas son generales, por lo que cada caso particular deberá ser estudiado en profundidad, siendo necesario en muchos casos el trabajo en un equipo multidisciplinar con arquitectos y/o calculistas de estructuras.

## Causas de las fisuras

Las causas que provocan la aparición de fisuras en inmuebles pueden ser de varios tipos. En nuestro trabajo diario nos encontramos con viviendas recién construidas que ya tienen un claro desarrollo de la patología y, al mismo tiempo, con viviendas de más antigüedad que en un periodo muy corto de tiempo o casi de manera inmediata han desarrollado la patología.

En el primer caso, podemos pensar que no existe adecuación entre el sistema de cimentación elegido y la capacidad portante del terreno, lo que ha producido un asiento de la vivienda, provocando la aparición de fisuras.

En el segundo caso, estaremos hablando muy probablemente de la existencia de una causa externa que haya provocado la desestabilización de la estructura. La causa más común en este tipo de patología suele ser el aporte continuo, ocasional y/o excepcional de agua al terreno sobre el que apoya la cimentación, provocando o un lavado de finos (terrenos arenosos) o un cambio del volumen del mismo (terrenos arcillosos).

Como ejemplo de aporte continuo de agua lo tenemos en tuberías o canalizaciones antiguas que no han sido revisadas. No es necesario tener una rotura en las canalizaciones de la vivienda para que el agua pueda producir daños a la cimentación y, por consiguiente, al inmueble. En muchos casos, las juntas que existen en las tuberías pueden estar dañadas, ya sea por el paso del tiempo, raíces de árboles cercanos o cualquier otra causa externa. Estas tuberías, sin la necesidad de estar rotas, están perdiendo una cierta cantidad de agua por sus juntas, que



Figura 1. Colocación de testigo de yeso sobre grieta horizontal en techo.



Figura 2. Colocación de fisurímetro en fisura inclinada en muro de carga interior.



Figura 3. Fisurímetro de suelo.



Figura 4. Fisurímetro de cartón (sólo para interior).

Palabras clave

**Patologías en la construcción, cimentaciones, grietas**

no es apreciable en el consumo del inmueble y que no se refleja en periodos de ausencia, pero que está modificando, poco a poco, las condiciones geotécnicas de los materiales sobre los que apoya la cimentación. Cuando estamos ante un caso de inmuebles antiguos, sería conveniente revisar tales canalizaciones mediante cámara de televisión, para verificar su estado, y obtener información exacta de su localización.

También nos podemos encontrar inmuebles que han desarrollado la patología debido a excavaciones y/u obras en parcelas anexas o en la misma calle, donde la descompresión sufrida por el terreno y/o las vibraciones producidas por la maquinaria pesada afecta a su estabilidad.

Datos importantes a tener en cuenta antes de realizar cualquier tipo de consolidado del terreno o recalce en la cimentación son: el tipo de cimentación que presenta la vivienda, su antigüedad, tipo de construcción, evolución de las fisuras y datos geotécnicos del terreno.

Para tener un registro histórico de la evolución de las fisuras, la técnica más utilizada es la colocación de testigos de yeso, en los que se debe indicar la fecha de su colocación (figura 1).

En la colocación de los testigos hay que tener muy en cuenta que el paramento debe estar húmedo para que el yeso se pegue bien a él, y no caiga en cuanto éste se seque (recordemos la estructura del yeso y su capacidad de absorción de moléculas de agua).

Otro sistema que proporciona más información es la colocación de fisurímetros (figuras 2, 3 y 4). Existe una amplia gama de éstos, que permiten poder colocarlos tanto en esquinas de difícil acceso, como en el suelo. Pueden medir sólo el desplazamiento en una dirección o en dos.

Los fisurímetros se deben colocar perpendiculares a las fisuras. Si se colocan en el exterior deben ser adecuados para ello o estar protegidos de la intemperie, ya que las diversas condiciones meteorológicas pueden dañarlo y llevarnos a una lectura errónea.



Figura 5. Detalle de cata de cimentación.

### Estudios geotécnicos

Los estudios geotécnicos que se realicen sobre el terreno deben estar enfocados a la patología detectada y contener al menos la siguiente información:

- Localización del inmueble.
- Fotografías generales y de detalle del inmueble.
- Esquemas en alzados y sección de la distribución de las fisuras, acompañado por su reporte fotográfico.
- Histórico de las fisuras, que puede ser facilitado en primera instancia por el propietario del inmueble; es decir, tienen que indicar la fecha aproximada de las primeras fisuras, si éstas han sido reparadas ¿cómo? y ¿cuándo? Si las fisuras, una vez arregladas, vuelven a aparecer en los mismos sitios o en sitios distintos un año tras otro, longitud, espesor de las mismas, etc.
- Al menos una cata de comprobación de la cimentación existente, donde se pueda observar su estado, dimensiones, tipo de ejecución y sobre qué tipo de terreno apoya.
- Presencia o no de canalizaciones pluviales. Estas canalizaciones no deben terminar justo en la fachada y dejar que desagüen ahí, sino

que deben ser canalizadas lo más alejado posible de la cimentación.

- Comprobación del estado de las arquetas.
- Si existe o no acera perimetral. Si existe, comprobar que presenta un correcto mantenimiento.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.
- Plano acotado donde se indiquen la realización de los ensayos de campo.
- Actas de los ensayos de campo y laboratorio (sondeos, ensayos de penetración, dinámica, calicatas, granulometría, compresión simple, presión de hinchamiento, agresividad del terreno/agua detectada, etc., a definir según el estudio a realizar).

Es importante también tener en cuenta las recomendaciones constructivas en los casos de arcillas expansivas, que pueden ser de utilidad en otro tipo de terreno, evitando un lavado de finos del terreno y/o provocando el colapso del elemento de cimentación, ya que lo que impiden en términos generales es la entrada de agua al terreno.

Dentro de las recomendaciones constructivas en el caso de terrenos arcillosos con carácter expansivo, destacamos las más importantes:

- Canalización de las aguas pluviales de la vivienda. Tal y como se ha indicado anteriormente, no deben terminar cerca de la cimentación sino que deberá ser llevada lo más alejado posible de los cimientos.
- Aceras perimetrales. Deberán tener un ancho aproximado de 1,60 m, y un correcto mantenimiento de la misma, reparando las fisuras que se produzcan, sobre todo en el encuentro de la acera perimetral con la fachada del inmueble.
- Drenaje perimetral. Instalar en caso de fuerte escorrentía superficial.
- Control y revisión periódica de las canalizaciones tanto pluviales como sanitarias (tuberías/arquetas) de cara a detectar lo antes posible una fuga en éstas.
- Estudio del arbolado de la parcela. El arbolado en su alimentación contribuye considerablemente a la desecación del suelo al eliminar su humedad. Los efectos de la desecación del suelo por alimentación del arbolado sobre las edificaciones tardan en manifestarse de cinco a diez años, tiempo necesario para que los árboles alcancen un importante desarrollo radicular. Los árboles más peligrosos son el álamo, el chopo, el aliso, la acacia, el sauce, el olmo y el roble.

### ¿Cómo solucionar los asentamientos producidos en la cimentación?

Hay diversos tipos de técnicas que pueden ser utilizadas en los recalces de la cimentación. Para saber qué técnica es la más adecuada, tal y como se ha comentado con anterioridad, tenemos que tener información acerca de:

- Elementos más importantes en la estructura del inmueble: datos del inmueble, año de construcción, números de plantas sobre y bajo rasante, estructura, tipo de carga o cerramiento (bloque de ladrillo, termoarcilla, bloques de hormigón, adobe, piedra, etc.), tipo de forjado (unidireccional, reticular, madera), pilares y vigas (ladrillo, hormigón, madera).
- Tipo de cimentación. Nos encontraremos una gran variedad de ellas, ya que puede estar formada por el mismo muro de carga o cerramiento de la vivienda enterrado, bloques de piedras, hormigón en masa, hormigón armado, etc. Es necesario tener también datos sobre sus dimensiones para determinar la mejor técnica de recalce posible.
- Estudio geotécnico.
- Estudio de la patología tanto general como en detalle y, si es necesario, un recálculo de la estructura. Es probable que algunas fisuras que se detectan sean consecuencia de una incorrecta ejecución, dilatación entre elementos de naturaleza diferente, problemas en forjados, pilares mal dimensionados, etc., por lo que hay que diferenciar entre una fisuración debida a

un fallo estructural de otra producida por un fallo del terreno o mal dimensionamiento del elemento de cimentación.

Dentro de las soluciones más comunes está el recalce por bataches, los micropilotes, inyecciones de *jet-grouting* y técnicas más nuevas como son la inyección de resinas ultracompactas para consolidar el terreno y posterior hincado de minipilotes para transmitir parte del peso de la estructura en profundidad.

A continuación resumimos algunas de estas técnicas:

**Recalce por bataches**

El recalce mediante bataches consiste en realizar una nueva cimentación sobre la ya existente. El batache debe realizarse normalmente en forma de L y debe estar armado. De esta forma, lo que conseguimos es hacer una cimentación nueva, tanto en anchura como en profundidad, que engloba a la anterior y que apoya sobre terreno firme.

Los bataches se suelen hacer de no más de un metro y medio de ancho, y empezando desde esquinas opuestas, para evitar el descalce total de la cimentación mientras éstos se realizan.

**Recalce mediante micropilotes**

Los micropilotes suelen trabajar casi exclusivamente por fuste, transmitiendo el peso de la estructura a estratos más profundos y resistentes.

Existen varias fases en cuanto a su ejecución:

- *Fase I o de perforación:* puede realizarse a rotoperforación, a rotación o con barrena helicoidal, según la consistencia del terreno.
- *Fase II o de limpieza:* la perforación se lava con agua y/o aire a presión.
- *Fase III o de introducción de la armadura:* la armadura de un micropilote puede hacerse con barras, tubos o una combinación de ambas. La armadura de tubo garantiza la continuidad del micropilote y además proporciona resistencia al corte y a flexión, necesarios cuando los micropilotes no trabajan sólo a compresión.
- *Fase IV o de colocación del mortero:* la consistencia debe ser tal que se garantice el relleno total de la perforación, sin cortes.
- *Fase V o de inyección:* la inyección se realiza con lechadas fluidas.

**Recalce mediante inyecciones de 'jet-grouting'**

Se consigue aumentar la resistencia al corte y la deformabilidad del terreno, mejorándolo. La unidad elemental del *jet-grouting* es la columna. A continuación se resume su proceso general en fases:

- *Fase I o de taladro:* suele ser del orden de 10 cm de diámetro.



Figura 6. Ausencia de cimentación.



Figura 7. Inyección de resina.

- *Fase II o de inyección:* una vez alcanzada la longitud deseada se comienza con la inyección a la vez que se va retirando el tubo de la perforación. Lo que provoca la disgregación del suelo y su mezcla con la lechada de cemento.
- *Fase III o de fraguado:* una vez retirado todo, se deja que la lechada fragüe y adquiera la consistencia necesaria.

**Recalce mediante inyección de resina e hincado de minipilotes**

Este sistema está indicado para viviendas unifamiliares, edificios de poca altura y naves industriales. La técnica se basa en la inyección de una resina expansiva ultracompacta, que expande y endurece en menos de 20 segundos, consolidando todo el bulbo de tensiones. Una vez se ha conseguido este



Figura 8. Control de la inyección.

consolidado del terreno, se hincan minipilotes a presión, sin golpeo, mediante un pistón hidráulico. Este hincado se hace hasta rechazo, y permite transmitir parte del peso de la estructura a estratos más profundos y resistentes.

**Inyección de resina.** La inyección de resina es controlada mediante un sistema láser, dotado de una cabeza emisora y varios receptores. Antes de empezar la inyección, se parte de un nivel 0 de la zona del inmueble donde se va a realizar la inyección. Mientras se inyecta, la resina se introduce por todos los microvacíos que pueda presentar el terreno, expandiendo y consolidando el terreno.

Las perforaciones para hacer las inyecciones son de 2 cm de diámetro y se realizan justo en el encuentro de la fachada con el terreno con una ligera inclinación para perforar la zapata e inyectar la resina justo debajo de ésta.

Cuando el punto de inyección no admite más resina, ésta empuja el inmueble hacia arriba, ya que en profundidad todo su radio de acción ya está relleno de ella. Esta elevación se controla hasta alcanzar el valor de un milímetro, dato que indica que el terreno ya no admite más resina y se ha producido la consolidación.



Figura 10. Dimensiones perforación.



Figura 11. Trabajo terminado.



Figura 9. Perforación minipilotes.

La expansión y consolidado de la resina es muy rápida, lo que supone que, una vez terminada la inyección, la resina no va a seguir aumentando su volumen.

**Hincado de minipilotes.** El hincado de los minipilotes se realiza una vez se ha consolidado el plano de apoyo cimiento/terreno con las inyecciones de resina. Se realizan perforaciones de 6 cm de diámetro junto a la inyección realizada previamente y se perfora hasta encontrar el terreno tratado con ella. Una vez realizada la perforación se introducen los minipilotes, que son tubos de acero corrugado de un metro de longitud. Se unen unos a otro mediante un sistema de rosca. Estos elementos son hincados a presión mediante un pistón hidráulico, sin golpeo, hasta rechazo, con unas presiones aproximadas entre 180-230 bares, lo que permite a los minipilotes transmitir parte de la carga de inmueble.

Tanto las inyecciones de resina como el hincado de los minipilotes son controlados uno a uno, por lo que los datos obtenidos son individuales por inyección/hincado realizado, dando una fiabilidad máxima en la ejecución realizada. Es una técnica de trabajo limpia, donde no es necesario el desalojo del inmueble para poder realizar los trabajos; además, las reducidas dimensiones de la maquinaria permiten el acceso interior a prácticamente todos los inmuebles en los casos en que sea necesario realizar los trabajos de recalce desde el interior.

### ¿Cómo arreglar las fisuras?

Se pueden arreglar las fisuras de diversas maneras, ya que el arreglo depende del espesor, forma y localización de las fisuras, así como de la naturaleza del paramento sobre la que se ha producido. Se aconseja esperar al menos 6 meses después de los trabajos de recalce para acometer la reparación de las mismas. Como cada vivienda tiene su tipología, estas recomendaciones son generales.

Las fisuras se pueden tapar y arreglar ya sea con yeso o mediante resinas elásticas con fibra de vidrio que permitan uniformizar todo el paramento, utilizando también malla en el exterior de la fisura, de espesor y longitud suficiente, para repartir en ella las tensiones generadas por la fisura.

Las grietas se deberán reparar también con masillas elásticas u otros productos, buscando el mayor espesor posible en la reparación; es decir, las grietas han creado un plano de rotura en todo el ancho del muro, haciendo que cada parte de la grieta se comporte de un modo distinto al no existir una continuidad en la horizontalidad del paramento, por lo que éste debe ser relleno con el mayor espesor posible, esto es, garantizando la trabazón de la fábrica en todo su espesor y longitud. Puede ser necesario, en algunos casos, realizar un refuerzo en ellas debido al estado que presentan, reponiendo o sustituyendo piezas si fuese necesario.

### Bibliografía

- Jiménez Salas, J. A. (1980). "Cimentaciones en terrenos expansivos y colapsables", capítulo 5 de *Geotecnia y Cimientos III*, Primera Parte, Ed. Rueda, Madrid.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*, Ed. Prentice Hall, Madrid.
- Serrano Alcuía, F. (2005). *Patología de la edificación, el lenguaje de las grietas*, 3ª ed., Ed. Fundación Escuela de la Edificación, Madrid.
- Romana Ruiz, M. (2003). *II Curso sobre recalces, inclusiones, inyecciones y jet-grouting*.
- Tsao Santin, F. J. (2008). *Mejora de suelos con la técnica de jet-grouting*.

## Ilustraciones de grietas y métodos de tratamiento



Figura 12. Fisura inclinada esquina exterior.



Figura 13. Fisuras inclinadas en esquina interior.



Figura 14. Inyección de resina y receptores.



Figura 15. Pistón de hincado.



Figura 16. Inclinación de silos, antes de la inyección.



Figura 17. Verticalidad de los silos después de la inyección.

# La actividad y seguridad minera en España

La búsqueda de recursos naturales es una actividad que se viene ejerciendo desde los tiempos más remotos de la humanidad. Con el desarrollo económico y los progresos sociales, la seguridad minera se ha convertido en una obligación fundamental para preservar la vida de todos los que trabajan en la extracción de minerales y rocas.

**TEXTO** | Rafael Varea Nieto, vocal de la Junta de Gobierno del ICOG

Palabras clave  
**Seguridad minera, minería**

La minería ha sido, desde tiempos remotos, una de las actividades básicas para el progreso económico y técnico de la humanidad. Todos los bienes materiales que el ser humano utiliza provienen de la transformación de productos naturales; entre éstos ocupan un lugar destacado los recursos mineros, pudiéndose asegurar que su uso ha permitido, en gran medida, el desarrollo industrial de los pueblos. Como ejemplo, se puede decir que el primer productor mundial de materias primas, Estados Unidos de América, es también el primer productor industrial del mundo.

## La actividad minera en España

Los recursos minerales de la Península Ibérica han sido explotados desde hace más de dos mil años. La minería, por lo general, ha venido siendo una fuente de riqueza, en ocasiones, única para la población de las comarcas mineras en que se ubican las explotaciones, promoviendo además indirectamente otras actividades de sectores económicos auxiliares y empleo diferido.

La actividad extractiva española, tiene una producción cuyo valor estimado actualmente asciende a cerca de 4.500 millones de euros. En la tabla 1 se desglosa el valor de la producción en 2007, según los distintos sectores mineros, donde se destaca el mayor valor de la producción en los productos de cantera, que ha desbancado a la minería del carbón y metálica juntas. Este dato pone de manifiesto la importancia de este sector de canteras y las rocas ornamentales en España.

La minería en su conjunto da empleo directo a más de 45.000 trabajadores, en sus más de 4.200 establecimientos mineros (*Estadísticas Mineras 2007*, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio).

En la tabla 2 se reflejan las explotaciones mineras y el empleo generado en 2007, según las distintas comunidades autónomas. Se observa que por número de explotaciones mineras destacan, y en este orden, Andalucía, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Cataluña y Galicia, que suponen más del 50% de explotaciones mineras del conjunto total.

**Tabla 1**

Sectores	Valor de la producción minera en €
Minería de carbón y productos energéticos	657.204.673
Minerales metálicos	147.779.535
Minerales industriales	630.540.440
Rocas ornamentales	709.886.903
Productos de cantera	2.319.678.618
<b>Total</b>	<b>4.465.090.169</b>

Fuente. *Estadística Minera 2007*. MITYC.

Según estos datos, la visión de la minería, y dónde se sitúan las explotaciones mineras en España, está cambiando con las nuevas explotaciones de productos de cantera y rocas ornamentales, en relación con la minería del carbón y metálica.

El sector mantiene su importancia económica aun considerando el desplazamiento que se viene produciendo en las últimas décadas respecto de las sustancias explotadas, ya que decrece la intensidad en cuanto a las sustancias más tradicionales como el carbón y los minerales metálicos, al tiempo que se progresa en la obtención de minerales no metálicos, rocas ornamentales, minerales industriales y arcillas especiales, como se puede observar en la tabla 3, donde se muestran las explotaciones por sectores y el empleo generado.

La actividad extractiva se distribuye por todo el territorio nacional, de forma que está presente en todas las comunidades autónomas, si bien con diferentes grados de incidencia. En relación con la evolución de los diferentes sectores mineros, la figura 1 muestra esta evolución desde

**Tabla 2**

Comunidades autónomas	Núm. de explotaciones	Empleos
Andalucía	811	5.408
Aragón	264	2.522
Asturias	80	5.309
Baleares	111	600
Canarias	75	540
Cantabria	49	555
Castilla y León	677	8.387
Castilla-La Mancha	503	2.759
Cataluña	483	3.717
Ceuta	2	15
Extremadura	116	1.353
Galicia	400	6.771
La Rioja	76	381
Madrid	103	1.682
Murcia	150	1.562
Navarra	61	493
País Vasco	52	676
Valencia	268	2.571
<b>Total nacional</b>	<b>4.281</b>	<b>45.301</b>

Fuente. *Estadística Minera 2007*. MITYC.

**Tabla 3**

Sectores	Núm. de explotaciones	Empleos
Minería de carbón y productos energéticos	62	10.176
Minerales metálicos	2	311
Minerales industriales	214	4.511
Rocas ornamentales	916	10.181
Productos de cantera	3.087	20.122
<b>Total</b>	<b>4.281</b>	<b>45.301</b>

Fuente. *Estadística Minera 2007*. MITYC.

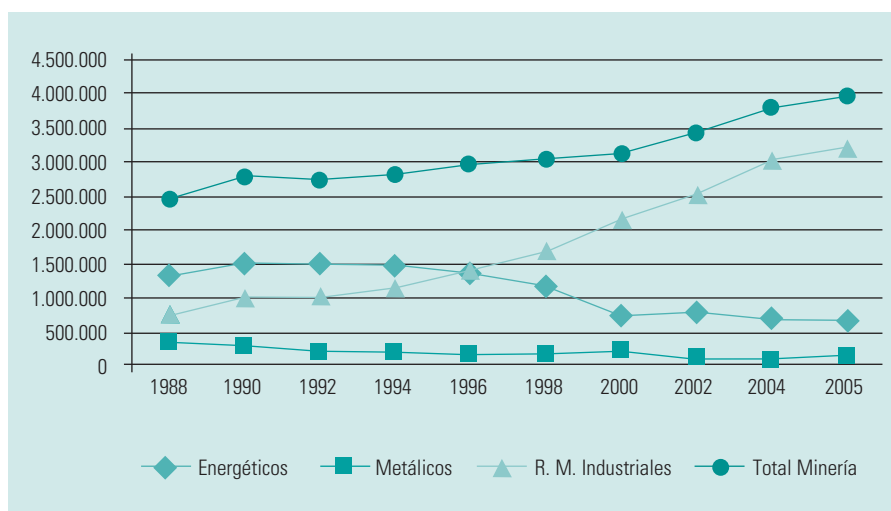


Figura 1. Valor de la producción minera en España en 2005. (Fuente: Estadística Minera, MITYC); Evolución del valor de la producción minera en España (Fuente: Estadística Minera, MITYC).

1988 hasta 2005, y se pone de manifiesto el importante crecimiento que han experimentado los sectores de rocas ornamentales, productos de cantera y minerales industriales, incluidos en el epígrafe minerales industriales. Mientras, la minería del carbón presenta un declive y la minería metálica mantiene una estabilización, aunque de forma ligeramente decreciente.

Su papel en la economía española, sin embargo, no debe estimarse solamente desde el punto de vista de las cifras macroeconómicas, ya que hay que considerar además el valor estratégico en el abastecimiento nacional de materias primas, aunque este último aspecto cada día se considera menos. Ambos aspectos, importancia estratégica y peso decisivo en la actividad económica de algunas zonas (comarcas mineras), son de por sí elementos relevantes para que las Administraciones Públicas presten la atención debida a la minería en su conjunto. En esta atención que se debe prestar a la minería, debe ser preponderante el nivel de

seguridad y prevención de las explotaciones y de sus trabajadores.

La actividad minera se encuentra incluida dentro del ámbito normativo de la seguridad minera, cuyos aspectos legislativos básicos corresponden a la Administración Central del Estado y su desarrollo e inspección son competencia de las Autoridades Mineras autonómicas.

A este respecto hay que señalar que la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, que transpone la Directiva 89/391/CEE, lo ratifica recogiendo, explícitamente, la sumisión de esta actividad al Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera, Real Decreto 863/85, atribuyendo la competencia exclusiva sobre la inspección y vigilancia de su seguridad a las autoridades mineras autonómicas.

### La regulación de la seguridad minera en el Estado español

La primera vez que se hace referencia a seguridad minera, se puede situar en la Real Orden de

14 de julio de 1777, por la que se crea la Escuela de Minas de Almadén, que se justifica en la necesidad del fomento y cuidado de los trabajos en minas, canteras, galerías y pasos.

Posteriormente, en el Real Decreto del 30 de abril de 1835, sobre Inspección Civil, se caracteriza la singularidad de las labores subterráneas "cualquiera que sea su finalidad". Años más tarde, en el Real Decreto de 30 de abril de 1886, se regula la seguridad de todos los trabajos subterráneos y los que requieran el uso de explosivos.

En los reglamentos de Policía Minera y Metalúrgica de 1910 y en el todavía vigente, en parte, de 1934, se mencionan explícitamente "los túneles para ferrocarriles, saltos y conducción de aguas, alcantarillado y, en general, todos los trabajos subterráneos".

En el vigente Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (RGNBSM) (Real Decreto 863/1985, de 2 de abril), el ámbito de aplicación se extiende a "las excavaciones subterráneas cuando requieran la aplicación de técnica minera o el uso de explosivos". El itinerario en que se basa la regulación minera en España es como se observa en la figura 2.

### La prevención y la seguridad laboral en las explotaciones mineras

El riesgo y la penosidad están íntimamente asociados a la profesión minera, ya que son muchos los factores de riesgo ligados a esta actividad por el tipo y métodos de trabajo, así como por su desarrollo.

A diferencia de lo que sucede con otras actividades industriales, en la minería no son elegibles ni la localización industrial ni el lugar de trabajo. Debido a estas características peculiares, la actividad minera siempre ha sido objeto de una legislación especial vinculada al conocimiento minero en casi todos los países del mundo.

La seguridad minera compete a tres actores fundamentales que son los empresarios, los trabajadores (mineros) y las Administraciones Públicas. Nuestra legislación así lo ha entendido y regula las responsabilidades que compete a los distintos actores encomendándoles diversas funciones.

Los elevados índices de siniestralidad de las actividades que se encuentran bajo el ámbito del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera indican que se trata de actividades de alto riesgo y que la formación establecida en la legislación laboral debe ser complementada por una formación preventiva para cada uno de los puestos de trabajo. En este sentido, la Administración reguló en 2008 la Instrucción Técnica Complementaria 02-01-2002, del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, relativa a la *Formación preventiva para el desempeño del puesto de trabajo*, publicada mediante la

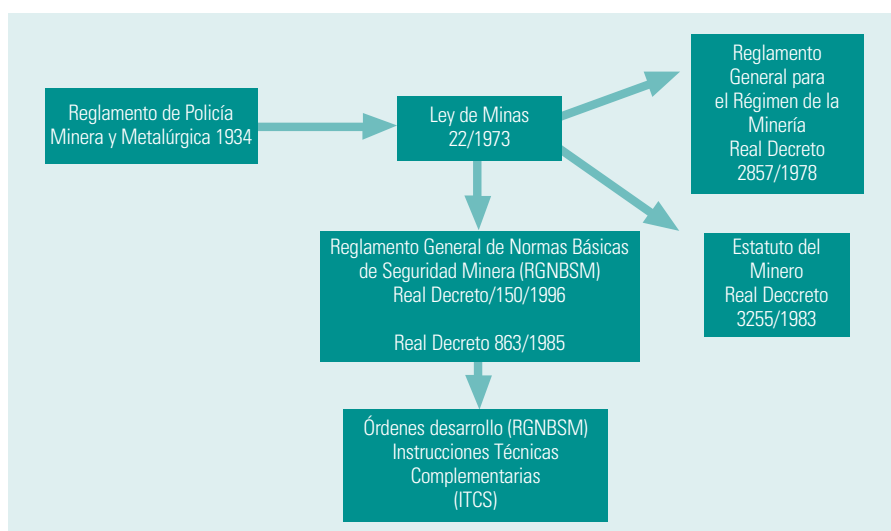


Figura 2. Itinerario de la regulación minera.



### Responsabilidades (principales) del empresario

- Formación.
- Información.
- Consulta y participación.
- Servicios de prevención.
- Evaluación de riesgos.
- Auditoría.
- Documentación.
- Vigilancia de la salud.
- Medidas para riesgo grave e inminente.
- Plan de emergencia.
- Coordinación de actividades empresariales.
- Equipos de protección apropiados.
- Protección de los trabajadores sensibles a riesgos específicos.

### Obligaciones de los empresarios mineros

- Diseño, construcción, equipamiento y mantenimiento de los lugares de trabajo.
- Supervisión de los lugares de trabajo.
- Instrucciones de seguridad.
- Instalaciones de primeros auxilios.
- Prácticas de seguridad.
- Información de accidentes mortales y graves (24 h).
- Coordinación de las actividades subcontratadas.
- Medidas de protección contra incendios, explosiones y atmósferas nocivas.
- Medidas de salvamento y evacuación.
- Sistemas de comunicación, alerta y alarma.
- Vigilancia de la salud.
- Información y consulta y participación de los trabajadores.

### Obligaciones de los trabajadores

- Obligación de colaborar en la prevención de los riesgos.
- Cumplimiento de las medidas de prevención.
- Utilización adecuada de máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte, etc.
- Empleo correcto de los equipos de protección; no poner fuera de funcionamiento los dispositivos de seguridad.
- Información sobre situaciones de riesgo.
- Contribución al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.
- Cooperación con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo seguras.

### Actuaciones de las Administraciones Públicas (Gobierno y comunidades autónomas)

#### Promoción de la prevención:

- Asistencia y cooperación técnica.
- Información.
- Divulgación.
- Formación.
- Investigación.
- Asesoramiento técnico.
- Vigilancia y control.
- Sanción.

#### Responsabilidades de tres tipos:

- Administrativas.
- Penales.
- Civiles.

#### Sanciones de tres grados:

- Infracción leve: multas inferiores a 1.500 euros.
- Infracción grave: multas entre 1.500 y 30.000 euros.
- Infracción muy grave: multas entre 30.000 y 600.000 euros.

El ICOG ha preparado un curso que pretende satisfacer estas exigencias formativas mínimas en materia de prevención para geólogos que trabajen en las explotaciones mineras

Orden ITC/1316/2008, de 7 de mayo, regula la "formación profesional mínima en materia de seguridad y salud laboral que deben poseer los trabajadores que desempeñan su trabajo habitual en centros de trabajo adscritos a actividades mineras". Esta ITC es de obligado cumplimiento para todos aquellos trabajadores que desarrollen su actividad laboral en las industrias extractivas.

### El ICOG vela por la seguridad minera

El ICOG ha preparado un curso que pretende satisfacer estas exigencias formativas mínimas en formación en materia de prevención para geólogos que trabajen en las explotaciones mineras o que estén interesados en trabajar en ellas.

En 2010 se dieron cuatro cursos a geólogos en Madrid, y para 2011 está previsto realizar dos cursos en las delegaciones de Asturias y Cataluña. Estos cursos están subvencionados actualmente por la Dirección General de Minas. En un futuro, este tipo de cursos no se impartirán y será absolutamente necesario disponer de este certificado acreditativo para quien trabaje en las industrias mineras o canteras.

El objetivo del curso es transmitir a los geólogos el valor de las conductas seguras durante el desempeño de las tareas tanto generales como específicas de su puesto de trabajo, mejorando así la seguridad y la salud de estos profesionales por medio de la formación e información en materia preventiva adaptada a los riesgos de las tareas que realizan en el día a día.

Asimismo, en estos cursos se analizan los riesgos a los que los geólogos están expuestos en su trabajo diario, ya sea en explotaciones a cielo abierto, como en explotaciones subterráneas, y buscar las medidas preventivas oportunas para eliminarlos o minimizarlos.

De esta manera, desde el ICOG tratamos de aportar nuestro granito de arena a la mejora en prevención y seguridad minera, que es el mejor camino para avanzar en una minería sostenible, productiva y con menor siniestralidad.

# El Sendero Internacional de los Apalaches arranca en España

El proyecto sobre el Sendero Internacional de los Apalaches en España (SIA) empieza en el mes de junio de 2010, cuando recibo un recorte de periódico del Bangor Daily News (Maine, EE UU) donde se explica el proyecto y su proyección internacional. Su lectura me ha llevado a desarrollar este proyecto en España, por lo que este artículo representa una pequeña introducción a la primera fase de este interesante viaje por la geología mundial de los Apalaches.

**TEXTO** | Ruth Hernández Paredes, licenciada en Geología UCM, VII Máster en Ingeniería Geológica UCM, coordinadora en España del Sendero Internacional de los Apalaches, hernandezruth@hotmail.com

**FOTOS** | Ruth Hernández Paredes, Appalachian Trail, International Appalachian Trail, Wikipedia. La figura 13 es de Valeriano Perianes

Palabras clave

**Apalaches, Sendero Internacional de los Apalaches (SIA)**

La cordillera de los Apalaches está situada al este de Norteamérica, su recorrido empieza en el estado de Alabama en EE UU y termina en la península de Gaspé en Canadá (figura 1).

## ¿Qué son los Apalaches?

Esta cordillera se formó en el Paleozoico durante un periodo de tiempo entre unos 500-435 millones de años (Ma) y se caracteriza principalmente por sus relieves suavizados, de formas redondeadas y desgastadas por la acción de los agentes exógenos (hielo, agua y viento). Se estima que fueron más altos que la actual cordillera del Himalaya donde se encuentra el pico Everest, el más alto del mundo con 8.848 m.

La cordillera de los Apalaches se divide en su zona sur y su zona norte, teniendo una altura media de 1.000 m. Encontramos el pico más alto en la montaña de Mitchell, en el estado de Carolina del Norte, con una altitud de 2.040 m, siendo también el punto más alto de la zona este de EE UU. El punto más bajo se encuentra en Bear Mountain, en el estado de Nueva York, con 37,8 m.

Los Apalaches del Norte tienen su origen en el plegamiento Caledónico (400 Ma) y son de menor altura que los Apalaches del Sur formados en el plegamiento Hercínico (245 Ma).

## ¿Cómo se formaron los Apalaches?

Dado que el tema es de gran extensión, el siguiente resumen intenta explicar de la forma más sencilla posible su formación.

La edad aproximada de la Tierra es de 4.600 Ma, la primera corteza sólida terrestre ya existía hace 3.800 Ma, y hace 2.000 Ma ya había continentes con corteza granítica y había también corteza oceánica basáltica. Algunas escuelas científicas pensaron que en esos tiempos, denominados Arcaico, todavía no funcionaba la tectónica de placas (no se producía la subducción del fondo oceánico bajo los continentes), sino que las



Figura 1. Distribución de la cordillera de los Apalaches en Norteamérica.

cuenca sedimentaria, al subsidir debido al peso de los sedimentos, encontraban enseguida temperaturas muy altas, los materiales del fondo de la cuenca se fundían y volvían a ascender como masas magmáticas, atravesando los sedimentos acumulados por encima. Actualmente, el mayor conocimiento de esos antiguos terrenos ha permitido averiguar que la tectónica de placas estaba ya vigente hace más de 2.500 Ma y que se formaban masas continentales de cierto tamaño por procesos de subducción seguida de colisión y acreción de pequeños continentes y arcos volcánicos. Sin embargo, el mayor crecimiento de los continentes se dio posteriormente, a partir del Proterozoico inferior (hace 2.300 Ma) cuando se aceleraron las corrientes de convección del manto. Hace 1.000 Ma se desplazaban horizontalmente impulsadas por las corrientes de convección del manto, chocando unas con otras y creando un gran supercontinente denominado Rodinia.

El supercontinente de Rodinia empezó a romperse lentamente hace 800 Ma. Hace aproximadamente 600-550 Ma, se dividió en tres grandes continentes, separados por el océano de Japeto:

- Hacia el noroeste: Laurentia (Norteamérica, Groenlandia, Escocia e Irlanda).
- Hacia el nordeste: Báltica (norte de Europa).
- Hacia el sur: Gondwana.

Mientras Gondwana se desplazaba hacia el sur, uno de sus fragmentos, Avalonia, se separó y comenzó su deriva hacia el norte, al encuentro de Báltica y Laurentia, cerrando el océano de Japeto y creando el océano Reico. En parte de Avalonia, Gondwana y el océano Reico está lo que en un futuro será la Península Ibérica.

Al final del periodo Ordovícico, Gondwana llega al polo sur y no empieza a abandonarlo hasta el Silúrico (430 Ma), que es más o menos cuando la placa de Avalonia colisiona con la placa báltica. Esta nueva placa formada continúa su deriva hacia el encuentro con Laurentia, donde vuelven a colisionar. El choque se produce desde el norte (placa báltica), dando lugar al orógeno Caledónico (Noruega, Groenlandia y Escocia), hacia el sur (placa de Avalonia) dando lugar al levantamiento de los Apalaches. La unión de estas tres placas se denominó Laurussia.

Durante el Devónico, hace 410 Ma, un nuevo fragmento de Gondwana, la placa armórica, se separa hacia el noroeste en busca de Laurussia. Pero no es hasta el Carbonífero (360 Ma) cuando se produce la orogenia Hercínica al colisionar la placa armórica contra Laurussia, rejuveneciendo los relieves formados de los Apalaches y de las Caledónides. Finalmente, Gondwana colisionará con ellas,



Figura 2. Distribución actual de los terrenos apalachianos. Modificada por Juan Gil Montes, noviembre de 2010.



Figura 3. Sendero de los Apalaches.

dando lugar a un nuevo supercontinente que no tardará en volver a separarse... hasta llegar a la época actual en la que podemos seguir la geología de los Apalaches según la figura 2. Islandia aparece marcada por ser la representación en tierra de la dorsal oceánica, no por su geología apalachense.

### ¿Qué es el Sendero de los Apalaches (SA)?

La idea de crear un Sendero de los Apalaches surgió en 1921 de la mano de Benton MacKaye, quien propuso la idea de hacer un sendero que siguiera toda la cordillera de los Apalaches. Pero no es hasta 1937 cuando se completa el sendero desde Springer Mountain, en el estado de Georgia, a Katahdin Mountain, en el estado de Maine (figura 3).

Los datos más relevantes del sendero son:

- Es el de mayor longitud en los EE UU, con 3.506 km.
- Atraviesa 14 estados.
- Se conserva con la ayuda de 39 asociaciones de senderistas junto a sus socios.
- Menor altitud: Bear Mountain, en el estado de Nueva York, con 37,8 m.
- Mayor altitud: montaña de Mitchell, en el estado de Carolina del Norte, con una altitud de 2.040 m.



Figura 4. Refugios a lo largo del sendero.



Figura 5. Baliza IAT/SIA.

- Existen 165.000 balizas de señalización a lo largo del sendero.
- Se estima que más de 10.000 personas lo han completado, lo que supone dar más de 5 millones de pasos.
- Se estima que más de 4 millones de personas hacen algún tramo del sendero anualmente.
- Cada año más de 6.000 voluntarios dedican 200.000 horas en la conservación del sendero.

El sendero se suele empezar entre marzo y abril, para terminarlo en septiembre; se tarda en hacerlo una media de 5 a 6 meses y se ha estimado el coste en realizarlo en aproximadamente unos 3.000 euros. Si lo comparamos con El Camino de Santiago desde Roncesvalles a Santiago de Compostela, estamos hablando de hacer 3,5 veces El Camino. Las infraestructuras no están muy desarrolladas, ya que la mayoría del sendero discurre por parques nacionales, donde lo único que hay son refugios como el de la figura 4.

### ¿Qué es el Sendero Internacional de los Apalaches (SIA)?

El SIA es la continuación del SA a nivel mundial, siguiendo la geología de los Apalaches por

todos los países en los que exista una representación de esta geología.

Las balizas del sendero (figura 5) son sus siglas en inglés, francés y español (IAT: *International Appalachian Trail*, SIA: *Sentier International des Apalaches*, Sendero Internacional de los Apalaches).

La primera idea sobre crear el SIA surge de Richard D. Anderson, biólogo marino, pensando que se podía prolongar el sendero hasta Canadá. Cuando se logre completar el SIA, será el mayor sendero del mundo, con presencia en 21 países o regiones distribuidos en tres continentes donde viven más de 800 millones de habitantes. La idea fue propuesta por primera vez al público el Día de la Tierra, el 22 de abril de 1994, y fue presentada por el candidato a gobernador del estado de Maine, Joe Brennan. Éste fue parte de su discurso:

“Estoy seguro de que este camino, que conectará diversos lugares de la geografía, nos servirá para recordar que las montañas, los ríos y los bosques son nuestra verdadera herencia y que deberá ser disfrutada por el resto de generaciones, dejándoles un patrimonio biológico y



Figura 6. Tramo del SIA en Estados Unidos y Canadá.

En octubre de 1997, John Brinda se convirtió en la primera persona en hacer el SIA proyectado hasta entonces; le siguió, un año más tarde, Eberhart Eb. Desde 1998, un total de 86 personas han completado el SIA



Figura 7. Llegada de John Brinda a Crow Head.

geológico de excepción en este rincón del planeta.”

Cómo ya se ha comentado anteriormente, el proyecto se basa en seguir la geología de los Apalaches alrededor del mundo y utilizar en la medida de lo posible los senderos existentes en cada país.

Actualmente, el único tramo totalmente desarrollado es el que discurre entre el monte Katahdin (Maine) y Crow Head en la península de El Labrador, contando con una longitud de 3.016 km, y donde existen más de 40 camping a lo largo del sendero (figura 6).

En octubre de 1997, John Brinda (figura 7) se convirtió en la primera persona en hacer el SIA proyectado hasta entonces; le siguió, un año más tarde, Eberhart Eb. Desde 1998, un total de 86 personas han completado el SIA.

Otra fecha importante en el desarrollo del SIA fue el 16 de septiembre de 2008, durante la 32 Conferencia Anual de los Gobernadores de New England y las regiones del este de Canadá, donde se llegó a los siguientes acuerdos y conclusiones:

“(…) el SIA da a los senderistas la oportunidad de disfrutar de los maravillosos paisajes que ofrece la naturaleza en nuestras regiones (…) los senderos unen cultural y físicamente nuestra comunidad a lo largo de miles de kilómetros (…) esta conferencia seguirá trabajando en el desarrollo del proyecto, ayudando en la conservación de los senderos y en el desarrollo turístico de la zona (…).”

Forman parte de este grupo los estados de Maine, New Hampshire, Vermont, Massachusetts, Connecticut y Rhode Island, en EE UU, y las regiones de New Brunswick, Quebec, Prince



Figura 8. El SIA en Escocia.



Figura 9. Mapa de la posible distribución global del SIA.

Edward Island, Nova Scotia, Newfoundland y El Labrador, en Canadá.

Los representantes actuales del SIA son:

- New Brunswick: Poul Jorgensen.
- Quebec: Eric Chouinard.
- Maine: Richard Andersen.
- Newfoundland/El Labrador: Paul Wylezol, presidente del IAT/SIA.
- Nova Scotia: Ellen Wilcox.
- Prince Edward Island: Denis Dunne.

Existen contactos realizados con instituciones geológicas y de montañismo en Groenlandia, Irlanda, Escocia, Gales, Noruega, Francia, España y Marruecos, estando pendiente de contactar con Portugal.

La zona europea que más tiene desarrollado el SIA es Escocia, donde lo tiene definido desde Portpatrick hasta Cape Wrath, con un total de 1.355 km (figura 8).

La propuesta del SIA en junio de 2010, para una posible distribución global del sendero se puede ver en la figura 9.

La organización del SIA realiza reuniones periódicas donde se intercambian noticias sobre el desarrollo de los senderos. Estas reuniones son de asistencia libre y pueden participar todos los socios o personas interesadas en el SIA. Está prevista una visita de los responsables del proyecto a España en 2011, para su presentación oficial.

La organización del SIA intenta participar en el mayor número de congresos o reuniones de geología para estar al día de todas las publicaciones que se realizan sobre los Apalaches, así como acudir a los eventos de las federaciones de montaña más importantes.

Aunque el SIA es un proyecto voluntario, en algunas regiones recibe ayudas económicas de los Gobiernos y/o instituciones para su desarrollo.

### ¿Cuál es el proyecto del SIA en España?

El proyecto SIA considera dos objetivos principales: el ámbito geológico y la definición de senderos.

Respecto al ámbito geológico pretende:

- Formar y coordinar un grupo de expertos interesados en el proyecto para definir posibles rutas del SIA en España.
- Posibilidad de presentar el SIA-España en 2011 en congresos, reuniones, foros, etc., junto a los máximos responsables del IAT.
- Difusión de los trabajos realizados por profesionales de la geología en España.

Respecto a la definición del sendero:

- Ya existe el contacto con el coordinador de senderismo de la Federación Española de Montaña (FEDM).
- Está pendiente realizar una reunión con la FEDM y las federaciones autonómicas incluidas en el sendero.

- No hay problemas en la compatibilidad de señalizaciones entre los senderos. Existe una coordinación internacional en la European Rambles Association ([www.era-eww-ferp.com](http://www.era-eww-ferp.com)) con sede en Praga, que agrupa a más de 50 asociaciones senderistas de 24 países europeos; cuenta con seis millones de afiliados y controla cerca de 800.000 km de senderos marcados.

### Un ejemplo de representación de los Apalaches en España: el futuro Geoparque Villuercas-Ibores-Jara (Cáceres)

El área de Villuercas-Ibores-Jara está situada en el sureste de la provincia de Cáceres, en la Comunidad Autónoma de Extremadura. Desde el punto de vista geológico, se encuentra en la zona centro-ibérica del Macizo Ibérico o Hespérico, constituida principalmente por materiales precámbricos y paleozoicos, recubiertos localmente



Figura 10. Vista del relieve apalachiano desde La Villuerca.



Figura 11. Sinclinal de Santa Lucía. Cabañas del Castillo.



Figura 12. Subida a La Villuerca. Primera fila (de izquierda a derecha): Marta González, Miguel Ángel Baños, David. Segunda fila (de izquierda a derecha): Adela Montero, Mónica López, M<sup>o</sup> José Prieto, Javier Galvez, M<sup>o</sup> Paz Dorado, María Hernández, Noemí Peral, Francisco Javier Acero y Ruth Hernández.

por materiales terciarios de facies continental. La distribución del macizo montañoso es una sucesión de sierras cuarcíticas y valles pizarrosos alineados paralelamente en dirección NO-SE (dirección armoricana o hercínica). A este tipo de relieve se le denomina Apalachiano o Apalachenense, por analogía con el relieve de la cordillera de los Apalaches situada al este de Norteamérica (figuras 10 y 11).

El punto más alto del macizo es La Villuerca, con 1.601 m de altitud, situado muy cerca de Guadalupe (Cáceres) (figura 12).

Dentro del futuro Geoparque, la paleontología es uno de los patrimonios mejor representados. Allí se encuentran fósiles de trilobites, braquiópodos y graptolites del Paleozoico inferior.

Además, en las calizas precámbricas cercanas a Navalvillar de Ibor, existe un importante yacimiento paleontológico donde se localizan los fósiles metazoos más antiguos de la Península Ibérica. Se trata de poblaciones de *Cloudina carinata*. Estos fósiles presentan una conservación excepcional y permiten apreciar su forma tridimensional, mostrando su forma original y diversos detalles de su exoesqueleto. La importancia de este fósil radica en el avance sobre el estudio de la evolución de los primeros metazoos, concretamente en la aparición de los primeros esqueletos biomineralizados. Esta especie, cuyo género se conoce desde principios de los años setenta, fue descrita en Namibia junto con otros microfósiles, siendo su localización muy concreta,

Namibia, China y Europa, y dentro de los pocos lugares de Europa está en Extremadura. La primera descripción realizada en España fue en los años ochenta, por parte de Teodoro Palacios Medrano, director del grupo de investigación de Paleontología y Estratigrafía del Neoproterozoico y Paleozoico de la Universidad de Extremadura.

Un punto de interés geológico en el Geoparque es la Cueva de Castañar de Ibor (figura 13), declarada Monumento Natural. La Cueva de Castañar de Ibor es una gruta subterránea de gran desarrollo con formaciones y elementos cársticos de gran belleza y fragilidad, entre las que destacan las cristalizaciones de aragonito.

La finalidad del futuro Geoparque es proteger el patrimonio geológico (existen más de 40 geositiros de referencia), difundirlo y utilizarlo de una manera sostenible para generar un mayor desarrollo económico en la zona. Además, el Geoparque dispone de centros de acogida, información e interpretación, una red de senderos señalización y centros de información y promoción.

El Geoparque espera ser reconocido como Geoparque Europeo, ya que presentó su candidatura en la IX Conferencia Europea de Geoparques que se ha celebrado en la ciudad de Mytilene (Grecia).

#### Agradecimientos

No me gustaría terminar este artículo sin dar las gracias a toda mi familia y en especial a: Alicia Scribner, Richard Anderson, Walter A. Anderson, Paul Wylezol, Earl Raymond, Don Hudson, Iñaki (Viajar a Pie), Loren Johnston, Laurie Potteiger, Hugh F. Barron, Juan Gil Montes, a todos los miembros del ICOG que están facilitando la difusión del proyecto, y a la Asociación Geovilluercas.

#### Bibliografía

Meléndez Hevia, I. (2004), *Geología de España. Una Historia de seiscientos millones de años*. Ed. Rueda.

Páginas web de referencia SA:  
<http://www.appalachiantrail.org>  
<http://www.nps.gov/appa/>

Páginas web de referencia SIA:  
<http://www.internationalat.org>  
<http://www.iatnl.ca/>

Páginas web de referencia Geoparque Villuercas:  
<http://geovilluercas.blogspot.com/>  
<http://www.oadl.es/geoparque/abstract.html>  
<http://villuercas-ibores-jara.com/>



Figura 13. Interior de la Cueva de Castañar de Ibor.

# Primera presentación del proyecto SIA en Madrid

La primera presentación del proyecto del Sendero Internacional de los Apalaches (SIA) en España se hizo en un acto de las tertulias del Geoforo, dentro de los programas de difusión con que cuenta el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.

El acto se celebró en el salón del Colegio de Geólogos en Madrid, el 7 de octubre de 2010, siendo su ponente la geóloga Ruth Hernández. Estaba también previsto que acudiera un representante norteamericano, el ingeniero de montes,

Earl Raymond, pero por motivos de salud no pudo acudir.

En la sala estuvieron presentes miembros de la Junta de Gobierno, colegiados y otras personas interesadas en tan espectacular proyecto.



Foto de grupo. Primera fila (de izquierda a derecha): María Hernández (ingeniero Industrial), Manuel Regueiro (secretario del ICOG), Ruth Hernández (geóloga y coordinadora del SIA en España). Segunda fila (de izquierda a derecha): José Luis Barrera (presidente de las tertulias del Geoforo y vicepresidente del ICOG), Carlos de Miguel (geólogo y coordinador Territorial Zona Centro de la Asociación "Por un Mundo más Justo"), Luis Sauquillo (geólogo especialista en sondeos), Luis E. Suárez (presidente del ICOG), Manuel Recio (periodista de Europa Press) y Samuel Rivas (estudiante de 4º curso de Geología, UCM).

# La protección civil ante los riesgos geológicos

## Directrices básicas y retos de futuro

**TEXTO** | Luis Sáenz de San Pedro Alba, titulado superior en Riesgos Geológicos, Ministerio del Interior, lsspa@hotmail.com

Palabras clave  
**Protección Civil, Directrices Básicas de Planificación, inundaciones, Mecanismo Europeo de Coordinación en Protección Civil, retos de futuro**

La Protección Civil en España se ha desarrollado rápidamente desde la Ley de 1985 y, desde entonces, se han realizado estudios y análisis de riesgos, siguiendo unas directrices elaboradas en los años noventa. Todas las comunidades autónomas tienen su plan territorial ante cualquier catástrofe, y varias han realizado planes especiales ante los distintos riesgos naturales que puedan afectarlas. La descentralización del país y el marco internacional deberían seguir impulsando este desarrollo, que debe basarse en la mejora de la coordinación entre las distintas administraciones (estatal, autonómica y local) y organismos implicados; la integración plena en las estructuras europeas e iberoamericanas, y el impulso de la formación, información y divulgación de estas materias entre los expertos y los ciudadanos, sin olvidar que la protección civil es un servicio público y que los ciudadanos cada vez van a exigir más eficacia en la lucha contra los desastres.

Según la Ley 2/85, "la protección civil es un servicio público que se orienta al estudio y prevención de situaciones de grave riesgo colectivo, catástrofe extraordinaria o calamidad pública en las que pueda peligrar de forma masiva la vida e integridad física de las personas, y a la propia protección de éstas y sus bienes en los casos en que dichas situaciones se produzcan".

Las competencias en protección civil se reparten entre los tres niveles básicos de las administraciones (estatal, autonómica y local), por lo que existen distintos organismos implicados, desde la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, que depende del Ministerio del Interior, hasta diferentes servicios o direcciones generales en cada comunidad autónoma y servicios locales de Protección Civil.

Al hablar de Sistema Nacional debemos también tener en cuenta que, debido a la magnitud y trascendencia de su misión, implica un gran abanico de participantes en el mismo, incluyendo no sólo a los órganos de protección civil, sino también a otros organismos públicos (Instituto Geográfico Nacional, Cuencas Hidrográficas, Agencia Estatal de Meteorología, etc.) y distintos cuerpos de intervención (Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, Unidad Militar de Emergencias, bomberos, cuerpos de intervención sanitaria, como por ejemplo el SAMUR de Madrid, etc.), voluntarios, entidades privadas y, en general, ciudadanos.



Figura 1. Mapa sísmico de la Norma Sismorresistente realizado por el Instituto Geográfico Nacional.

Las funciones clásicas del servicio de la Protección Civil son:

- Previsión.
- Prevención.
- Planificación.
- Intervención.
- Rehabilitación.

Esta visión global, como ciclo, se enfrenta a la antigua concepción de la Protección Civil, que sólo intervenía ante las catástrofes sin estudiar los fenómenos peligrosos, y, por lo tanto, sin tomar medidas de prevención y sin evaluar el peligro real y los recursos necesarios para intervenir. Si no realizamos una buena previsión, que incluya la identificación y el análisis de riesgos,

difícilmente tomaremos las medidas de prevención oportunas o planificaremos correctamente.

Del mismo modo, cada vez que ocurre una catástrofe debemos revisar nuestros mapas de riesgos, las medidas de prevención, los planes realizados e incluso la intervención, para ver si todo era correcto o se debe corregir algún aspecto del ciclo. Esta revisión es fundamental en la rehabilitación de cara a corregir los posibles errores.

Una de las funciones básicas que se ha desarrollado en los últimos años en nuestro país ha sido el estudio y previsión de las situaciones de riesgo, que comprende el análisis de las distintas hipótesis de riesgo (riesgo alto, medio o bajo) susceptibles de producir situaciones de catástrofe o calamidad pública, el estudio y previsión de sus causas, así como de las posibles zonas que pudieran resultar afectadas, y de las posibles consecuencias para personas y bienes.

Diferentes organismos públicos, como el Instituto Geológico y Minero de España, el Instituto Geográfico Nacional o la Agencia Estatal de Meteorología, entre otros, realizan diferentes tipos de estudios en los que se realizan mapas de peligrosidad, bien nacionales o locales, para diferentes hipótesis, que ayudan a zonificar el territorio y a analizar las posibles consecuencias. Estos estudios se utilizan para saber dónde hay que prevenir y qué debemos planificar. Por ejemplo, un mapa de aceleración sísmica realizado por el Instituto Geográfico Nacional está incluido en la



Figura 2. Los movimientos del terreno no se contemplan como objeto de planes especiales de Protección Civil. Santuario de la Fuencisla, Segovia.

Norma Básica Sismorresistente, de cumplimiento obligatorio, que sirve para delimitar las provincias en las que los edificios se deben construir siguiendo dicha norma. La zonificación del territorio se incluye y forma parte intrínseca de los Planes de Protección Civil.

Las comunidades autónomas han realizado un esfuerzo para integrar los análisis de riesgos a los distintos planes. Desde la aprobación de la Ley de Protección Civil, el estudio de los riesgos (tanto su identificación y catalogación, así como el análisis de sus factores para obtener mapas de riesgos finales) ha mejorado notablemente la eficacia del Sistema Nacional.

La prevención comprende el estudio y la adopción de medidas que resulten necesarias en los siguientes aspectos:

- **Mantener bajo observación los fenómenos potencialmente peligrosos.** Los fenómenos naturales, con algunas excepciones, pueden mostrar indicios del comienzo de un fenómeno peligroso. Por ejemplo, la Agencia Estatal de Meteorología, utilizando las últimas tecnologías, realiza predicciones a corto y medio plazo que pueden dar la voz de alarma ante el desencadenamiento de fenómenos meteorológicos adversos. Los avances científicos son fundamentales en todo tipo de predicciones. Estos sistemas de alerta temprana son una parte esencial de la Planificación de Protección Civil, ya que ponen en marcha los diferentes planes.
- **Disminuir la vulnerabilidad** de los elementos en riesgo y, en general, reducir las situaciones de riesgo potencial y los daños que pudiesen derivarse de las mismas. Para lograrlo, los

análisis de riesgos se deben incluir en la ordenación del territorio e informar y formar a la población potencialmente afectada.

En este sentido, la Dirección General de Protección Civil y Emergencias desarrolló un proyecto sobre "Prevención en Centros Escolares" y ha elaborado guías para profesores y CD-rom para alumnos sobre riesgo sísmico, volcánico, incendios forestales, inundaciones y autoprotección. Todo este material está disponible en el centro de documentación de dicha Dirección General y además se puede descargar en la página web: [http://www.proteccioncivil.org/es/DGPCE/Informacion\\_y\\_documentacion/catalogo/index.html#A1](http://www.proteccioncivil.org/es/DGPCE/Informacion_y_documentacion/catalogo/index.html#A1)

#### Directrices Básicas de Planificación de Protección Civil

La Planificación de Protección Civil es una estrategia global de preparación ante catástrofes, que incluye, además de la redacción de planes de actuación ante emergencias, acciones tales como la organización de medios de control y coordinación en situaciones de crisis, y actividades de educación y divulgación entre los grupos de intervención y el público en general.

La preparación ante catástrofes puede definirse como una medida de la disposición y capacidad de un país para hacer frente a situaciones de emergencia. Se trata, pues, de una cuestión puramente organizativa.

El sistema español de Protección Civil tiene, al igual que en otros países, como Estados Unidos o Alemania, un carácter descentralizado. La Ley de Protección Civil, 2/1985, configura un sistema integrado:

- Por una planificación de índole territorial (a niveles administrativos local y autonómico).
- Una planificación de tipo técnico, mediante planes especiales diseñados para actividades y tipos de emergencia concretos.

Con posterioridad a esta ley, la aprobación de la Norma Básica de Protección Civil, Real Decreto 407/92, establece la elaboración de directrices esenciales para la creación de los Planes de Protección Civil. En concreto, la norma determina la necesidad de unas directrices básicas, a integrar como anexos en la misma, que serán guías tecnológicas y que proporcionarán las estructuras metodológicas para la elaboración de los planes especiales, a nivel estatal y autonómico.

La Norma Básica contempla como riesgos geológicos objeto de planes especiales las inundaciones, los terremotos y la actividad volcánica, por lo que aquellos que no contemplan, como por ejemplo los movimientos del terreno, deben ser incluidos dentro de la planificación general desarrollada a través de los Planes Territoriales de Comunidad Autónoma o Planes Municipales.

Todos los Planes Territoriales están ya disponibles en todas las comunidades autónomas, por lo que la identificación de riesgos se ha realizado. De esta identificación y de las propias directrices básicas deben emanar los distintos planes especiales para cada tipo de riesgo, siempre que sea necesario. Por ejemplo, Cataluña ha elaborado su plan especial de riesgo sísmico, mientras que otras comunidades autónomas como la de Madrid no han tenido que hacerlo al no estar clasificados sus territorios como de mayor peligrosidad en el mapa del Instituto Geográfico Nacional, utilizado por la Directriz Básica ante riesgo sísmico.

La elaboración del Plan de Emergencia Municipal (PEM) supone un elemento fundamental, dado que establece el marco previo que sirve de soporte y apoyo a las Administraciones municipales para la redacción de planes de emergencia de cualquier tipo.

De una forma resumida, podemos decir que las competencias en materia de Planificación de Protección Civil, según lo establecido en la Norma Básica, corresponden a:

- **Gobierno de la Nación:** elaboración y aprobación de los Planes Especiales de ámbito estatal, así como las Directrices Básicas. Homologación de planes especiales de ámbito inferior.
- **Comunidades autónomas:** elaboración y aprobación de los Planes Territoriales y Especiales cuyo ámbito de aplicación no exceda de la propia comunidad autónoma. Homologación de planes especiales de ámbito inferior.
- **Entidades locales:** elaboración y aprobación de los Planes Territoriales y, en su caso, de los

planes de actuación de ámbito local referidos a riesgos especiales, según el marco de planificación establecido en su ámbito territorial.

Debemos tener en cuenta que el análisis de riesgos se realiza en los planes especiales, mientras que los planes territoriales sirven para identificar los riesgos de un territorio (bien sea comunidad autónoma, municipio, etc.), y catalogar los medios y recursos disponibles para la respuesta ante cualquier catástrofe, junto con la organización y estructura de dicha respuesta.

Una Directriz Básica se puede definir como el instrumento técnico-jurídico que establece los requisitos mínimos que deben cumplir los correspondientes Planes Especiales de Protección Civil para ser homologados e implantados en su correspondiente ámbito territorial, con la finalidad de prever un diseño o modelo nacional mínimo que haga posible, en su caso, una coordinación y actuación conjunta de los distintos servicios y Administraciones implicadas.

Por lo tanto, uno de los objetivos básicos de las directrices es conseguir la integración de los planes de los tres niveles de la Administración, que asegure que las necesidades de la población quedan cubiertas cuando ocurre una catástrofe. De otra manera, sería imposible la coordinación entre las Administraciones que tienen competencias en esta materia. Por otra parte, en la Directriz Básica de riesgo de inundaciones, aprobada en Consejo de Ministros, se especifica:

“Los análisis de riesgos y la zonificación territorial que queden especificados en los Planes Especiales elaborados, aprobados y homologados, conforme a lo dispuesto en la citada Directriz, serán tenidos en cuenta por los órganos competentes en el proceso de planificación del territorio y de los usos del suelo.”

En el caso de riesgos naturales, las directrices aprobadas son las siguientes:

- Riesgo Sísmico (BOE de 25 de mayo de 1995).
- Riesgo Volcánico (sólo aplicable en Canarias, BOE de 4 de marzo de 1996).
- Riesgo de Inundaciones (BOE de 14 de febrero de 1995).

### Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones

La Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones tiene por objeto asegurar una respuesta eficaz de las Administraciones Públicas ante situaciones de emergencia derivadas de este tipo de riesgo, concibiendo los diferentes planes como parte de una estructura capaz de hacer frente de forma ágil y coordinada en los distintos supuestos que puedan presentarse.



Figura 3. Casco urbano de Almoquera (Guadalajara). Como se puede observar, el cauce que provocó la inundación de 1995, topográficamente, se encuentra por encima del pueblo.

El Plan Estatal, además de los aspectos comunes a las otras directrices ya explicados anteriormente, debe establecer los procedimientos para la confección y mantenimiento de una base nacional de datos sobre zonas inundables y afectadas por fenómenos geológicos asociados. A este respecto, la Dirección General de Protección Civil y Emergencias ha elaborado, junto a las Unidades de Protección Civil de las Delegaciones y Subdelegaciones del Gobierno y las cuencas hidrográficas, un Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas, que se puede consultar en su página web ([www.proteccioncivil.es](http://www.proteccioncivil.es)).

Por otra parte, el Plan de Comunidad Autónoma (cuyo ámbito será el de toda la comunidad autónoma) debe incorporar:

- **Información territorial**, que sea útil para fundamentar los análisis de las zonas de inundaciones potenciales y sus riesgos.
- **Análisis de las zonas de inundaciones potenciales o afectas por fenómenos asociados**, donde figurarán sobre cartografía oficial de escala adecuada.



Figura 4. Inundaciones en la Comunidad Valenciana en 1982. (Fotografía Isabel Buquet.)

- **Análisis de riesgos por inundaciones**, incluyendo los análisis de riesgos por rotura de presas, una vez hayan sido aprobados los correspondientes Planes de Emergencia de Presas.

Por último, añadir que los planes de emergencia de ámbito local deberán catalogar los elementos en riesgo y zonificar el territorio, según lo establezca el correspondiente Plan de Comunidad Autónoma.

### Análisis de riesgos y zonificación territorial

Para la realización de los mapas de peligrosidad, se deberán identificar y clasificar las áreas inundables establecidas en cada plan, y con arreglo a los siguientes criterios:

- **Zonas de inundación frecuente:** inundables por avenidas de un periodo de retorno inferior a 50 años.
- **Zonas de inundación ocasional:** inundables por avenidas de un periodo de retorno inferior a 100 años y superior a 50 años.
- **Zonas de inundación excepcional:** inundables por avenidas de un periodo de retorno superior a 100 años e inferior a 500 años.

Todo ello se ha de representar en cartografía oficial a escala adecuada en la que también se reflejarán los puntos conflictivos (aquellos en los que, a consecuencia de las modificaciones ejercidas por el hombre en el medio natural o debido a la propia geomorfología del terreno, pueden producirse situaciones que agraven de forma sustancial los riesgos o los efectos de la inundación), y las áreas potencialmente afectadas por fenómenos geológicos asociados (generación de movimientos de laderas, aceleración de movimientos ya existentes, etc.).

Una vez estudiada la peligrosidad, se realizará el análisis del riesgo de inundaciones. Este análisis tendrá por objetivo la clasificación de áreas inundables en función del riesgo (parámetros socioeconómicos). A la peligrosidad, debemos añadir los elementos en riesgo y su vulnerabilidad.



Figura 5. Inundaciones en Murcia. (Fotografía Sofía González.)



Figura 6. Inundaciones en Bolivia en 2007.

Para ello, se deberá tener en cuenta como elementos de riesgo (factor exposición o valor):

- Población potencialmente afectada.
- Elementos (edificios, instalaciones, infraestructuras y elementos naturales o medioambientales) que:
  - Puedan producir víctimas.
  - Interrumpir un servicio imprescindible para la comunidad.
  - Dificultar las actuaciones de emergencia.

Para calcular la **vulnerabilidad** de estos elementos, se tendrán en cuenta:

- Características.
- Zonas de peligro en que están ubicados.
- Magnitudes hidráulicas del comportamiento de la avenida (cuando sea posible).
  - Calado de las aguas.
  - Velocidad.
  - Caudal sólido asociado.
  - Duración de la inundación.

La clasificación de los mapas finales de riesgos deberá seguir los siguientes parámetros:

Zonas	Subzonas	Definición
Zonas A	Zonas A-1 Riesgo alto frecuente	La avenida de 50 años produciría graves daños a núcleos urbanos.
	Zonas A-2 Riesgo alto ocasional	La avenida de 100 años produciría graves daños a núcleos urbanos.
	Zonas A-3 Riesgo alto excepcional	La avenida de 500 años produciría graves daños a núcleos urbanos.
Zonas B Riesgo significativo		No coincidente con la zona A, la avenida de 100 años produciría impactos en viviendas aisladas y las avenidas de T≥100 años, producirían daños significativos a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos.
Zonas C Riesgo bajo		No coincidente con la zona A, ni con la B, la avenida de 500 años produciría impactos en viviendas aisladas, y las avenidas consideradas en los mapas de inundación, daños pequeños a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos.

Los planes especiales ante el riesgo de inundaciones homologados hasta 2010 son los siguientes:

Comunidad autónoma	Fecha de homologación
País Vasco	23-03-1999
Comunidad Valenciana	23-03-1999
Navarra	21-02-2002
Galicia	21-02-2002
Andalucía	1-12-2004
Baleares	1-12-2004
Aragón	19-07-2006
Cataluña	19-07-2006
Extremadura	10-07-2007
Murcia	10-07-2007
Principado de Asturias	24-03-2010
Cantabria	24-03-2010
Castilla y León	24-03-2010
Castilla-La Mancha	24-03-2010

Planes especiales de riesgo de inundaciones homologados por la Dirección General de Protección Civil (Fuente: [www.proteccioncivil.org](http://www.proteccioncivil.org)).

Uno de los riesgos asociados que se contemplan en la Directriz Básica de Inundaciones es la rotura de presas.

Después de la aprobación de la Directriz (BOE, 14-2-1995), se aprobó el "Reglamento Técnico sobre Seguridad en Presas y Embalses" (BOE, 30-3-1996) y el Ministerio de Medio Ambiente publicó dos guías técnicas, una para la clasificación de presas en función del riesgo potencial y otra para la elaboración de Planes de Emergencia.

Estos planes los deben realizar los titulares de las presas.

Las **funciones básicas** de estos planes serán:

- Determinar, tras el correspondiente análisis de seguridad de la presa, las estrategias de intervención para el control de situaciones que



Figura 7. La Directriz Básica de Inundaciones contempla la realización de planes de emergencia en presas.

puedan implicar riesgos de rotura o de avería grave de la presa y establecer la organización adecuada para su desarrollo.

- Determinar la zona inundable en caso de rotura (indicando tiempos de propagación de la onda de avenida y efectuando el correspondiente análisis de riesgos).
- Disponer la organización y medios adecuados para obtener y comunicar la información sobre incidentes, la comunicación de alertas y la puesta en funcionamiento, en caso necesario, de los sistemas de alarma que se establezcan.

Como paso previo al análisis de riesgo, la directriz establece que se debe realizar una clasificación de las presas en función de su riesgo potencial, distinguiendo tres categorías:

- Categoría A. Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede:
  - Afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales.
  - Producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
- Categoría B. Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede:
  - Afectar a un reducido número de viviendas.
  - Ocasionar daños materiales o medioambientales importantes.
- Categoría C. Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede:
  - Producir sólo incidentalmente pérdida de vidas.
  - Daños materiales de moderada importancia.
  - Las no clasificadas como A o B.

Las presas clasificadas como A o B son las que deben disponer de plan de emergencia. Para la aprobación de proyectos de nuevas presas es preceptivo acompañar un estudio sobre estimación de daños derivados de una eventual rotura, avería grave o funcionamiento incorrecto, para que el órgano competente decida sobre su clasificación.

Este tipo de planes debe llevar asociado un plan de implantación que implique, entre otras medidas, la información a la posible población afectada, la señalización de las áreas peligrosas o los sistemas de aviso y alerta.

En la siguiente página web se puede encontrar información sobre las presas clasificadas y los planes aprobados por la Dirección General del Agua (DGA).

[http://www.proteccioncivil.org/es/Riesgos/Riesgos\\_Naturales/planes\\_de\\_presas\\_informados/](http://www.proteccioncivil.org/es/Riesgos/Riesgos_Naturales/planes_de_presas_informados/)

### Directriz Básica de Riesgo Sísmico

La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico, aprobada por acuerdo del Consejo de Ministros del 7 de abril de 1995, es el instrumento según el cual el sistema español de Protección Civil ha de prepararse específicamente para hacer frente a este riesgo.

Tal y como es norma general en el Sistema Nacional de Protección Civil, salvo para el caso de emergencias nucleares y situaciones bélicas, la competencia de dirección y coordinación de las operaciones de emergencia corresponde inicialmente a la autoridad municipal y, cuando las características de la situación desbordan las posibilidades de ésta, a la autoridad de la comunidad autónoma correspondiente. El ministro del Interior, cuando la emergencia reviste una especial extensión y gravedad, puede declarar la emergencia de "interés nacional", pasando entonces la dirección y coordinación a una autoridad estatal.

El Plan Estatal, de reciente aprobación, prevé la organización de todos los medios y recursos disponibles que puedan ser empleados en apoyo de la operatividad de los Planes de las Comunidades Autónomas.

Dentro de los Planes de Comunidad Autónoma se deberá incluir como contenido mínimo un apartado sobre el análisis de riesgo realizado, que deberá seguir las indicaciones de la directriz que a continuación se detalla.

Respecto a los Planes de Ámbito Local, el Plan de Comunidad establecerá, dentro de su respectivo ámbito territorial, directrices para su elaboración.

El análisis de riesgos en la directriz diferencia claramente los factores de los riesgos, hablándose por un lado de las áreas de peligrosidad sísmica y por otro del análisis de la peligrosidad y vulnerabilidad, y por lo tanto de los mapas de riesgo.

### Áreas de peligrosidad sísmica

Se definen las áreas de peligrosidad como aquellas zonas que a lo largo del registro histórico se han visto afectadas por fenómenos de naturaleza sísmica. La directriz toma como referencia el Mapa de Peligrosidad Sísmica de España para un

periodo de retorno de 500 años, del Instituto Geográfico Nacional.

A efectos de planificación en el nivel de comunidad autónoma, se deben incluir aquellas áreas donde son previsibles sismos de intensidad igual o superior a VI, delimitadas por la correspondiente isosista del citado mapa. Este ámbito geográfico es el siguiente:

- Andalucía (todas las provincias).
- Aragón (Huesca y Zaragoza).
- Castilla-La Mancha (Albacete).
- Cataluña (todas las provincias).
- Extremadura (las dos provincias).
- Murcia.
- Navarra.
- C. Valenciana (Alicante y Valencia).
- Ceuta.
- Melilla.

Respecto a la planificación en el ámbito local, los municipios incluidos son los siguientes:

- Aquellos incluidos en el anexo II de la Directriz, que son en los cuales son previsibles terremotos de intensidad igual o superior a VII, para un periodo de retorno de 500 años, según el mapa antes citado.
- Aquellos que, además de los anteriores, sean incluidos por los órganos competentes de las comunidades autónomas en función de criterios técnicos.

### Análisis de la peligrosidad y vulnerabilidad: mapas de riesgos

La directriz indica que los mapas de riesgos deberán:

- Proporcionar una visión lo más precisa posible acerca de las probables consecuencias de un catástrofe sísmica en el territorio considerado.



Figura 8. Efectos de los terremotos.

- Permitir hacer previsiones de los medios y recursos necesarios para la intervención, así como localizar la infraestructura de apoyo previsiblemente utilizable para el auxilio del área afectada.

Para la estimación de la peligrosidad sísmica existen dos opciones:

- Utilizar los mapas de peligrosidad sísmica publicados por el Instituto Geográfico Nacional, en su versión más actualizada.
- Realizar estudios más detallados, cuando el órgano competente en materia de Protección Civil lo considere oportuno, utilizando el método más adecuado para cada caso y con la correspondiente justificación técnica.

Para la estimación de la vulnerabilidad, los estudios deberán comprender las construcciones cuya destrucción, con una probabilidad razonable, pueda:

- Ocasionar víctimas.
- Interrumpir un servicio imprescindible para la comunidad.
- Aumentar los daños por efectos catastróficos asociados.

Una de las funciones básicas de los Planes de Comunidad Autónoma frente al riesgo sísmico comprende:

- Precisar la zonificación del territorio en función del riesgo sísmico.
- Delimitar áreas según posibles requerimientos de intervención y de infraestructura utilizable, en apoyo de las actuaciones de emergencia ante terremotos.

Una interesante novedad que desde el punto de vista técnico aporta esta Directriz, en conexión con la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-94), es la necesidad de confeccionar, para un periodo de retorno de 500 años, un catálogo de los elementos en riesgo situados en las áreas donde sean previsibles sismos de intensidad igual o superior a VII, en el que se incluyan las construcciones que sean consideradas de especial importancia de acuerdo con lo previsto en la citada norma sismorresistente, a efectos de realizar los correspondientes estudios que permitan estimar su vulnerabilidad. Las construcciones de especial importancia son:

- Las que por su destrucción por el terremoto pueden ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad o dar lugar a daños catastróficos. Se incluyen en este grupo las siguientes construcciones:



Figura 9. Efecto del terremoto de Loma Prieta (1989) sobre una autopista en San Francisco. (Dangerous Earth, 1997)

- Hospitales e instalaciones sanitarias de cierta importancia.
- Centros básicos de comunicación, radio, teléfono, televisión, telégrafos.
- Centros para la organización y coordinación de funciones en caso de desastre.
- Edificios para personal y equipos de ayuda: cuarteles de bomberos, policía, fuerzas armadas, ambulancias, parques de maquinaria, etc.
- Construcciones para servicios básicos de las poblaciones: depósitos de agua, redes de distribución, centrales eléctricas y centros de transformación.
- Infraestructuras básicas, puentes y principales vías de comunicación con las poblaciones.
- Edificios vitales en los medios de transporte, en las estaciones de ferrocarril, aeropuertos y puertos.
- Edificios e instalaciones industriales contempladas en el Real Decreto 886/88 y los que almacenen materias tóxicas, inflamables y peligrosas.
- Grandes construcciones de Ingeniería civil, como centrales nucleares, térmicas, presas, etc.
- Monumentos históricos, artísticos o bienes de interés cultural o similar.
- Las construcciones que así se consideren en los planteamientos urbanísticos y documentos públicos análogos.

Finalmente, los mapas de riesgos se elaborarán tomando como fundamento las estimaciones de peligrosidad sísmica y de vulnerabilidad considerando:

- Posibles víctimas.
- Edificaciones dañadas y destruidas.
- Daños en infraestructura viaria y redes de abastecimiento.
- Grados de afectación de instalaciones y servicios imprescindibles para la atención a la emergencia.

- Posibles daños en edificaciones, industrias e infraestructuras capaces de dar lugar a peligros asociados.

### Mecanismo Europeo de Protección Civil

Para facilitar una cooperación reforzada en las intervenciones de ayuda en el ámbito de la Protección Civil y complementar el programa de acción comunitaria a favor de la Protección Civil se establece, por decisión del Consejo de la Unión Europea de 23 de octubre de 2001, un Mecanismo Comunitario para favorecer una sólida colaboración con el objetivo de mejorar la coordinación en intervenciones de socorro y Protección Civil en caso de grandes emergencias. Su ámbito de aplicación da cobertura a emergencias naturales, tecnológicas, radiológicas y medioambientales producidas dentro y fuera de la Comunidad Europea.

Están obligados a participar en este mecanismo todos los Estados miembros de la UE, pudiéndose integrar en el mismo otros países asociados como Islandia o Noruega, entre otros.

Las obligaciones de los Estados miembros en el marco del citado mecanismo son las siguientes:

- Nombrar una autoridad competente representativa del país y punto de contacto.



Figura 10. Cada país pone a disposición del Mecanismo Europeo distintos módulos de intervención.

Comunidad autónoma	Fecha de homologación
Cataluña	05-06-2002
Baleares	01-12-2004
Murcia	19-07-2006
País Vasco	10-07-2007
Andalucía	16-12-2008
Extremadura	28-04-2009
Canarias	03-12-2009
Aragón	03-12-2009
Galicia	03-12-2009

Planes especiales de riesgo sísmico homologados por la Dirección General de Protección Civil (Fuente: [www.proteccioncivil.org](http://www.proteccioncivil.org)).

- Seleccionar personas que puedan ser llamadas a formar parte de equipos de coordinación, evaluación y asesoramiento.
- Designar equipos que estén disponibles en un plazo de 12 horas desde la petición de ayuda.

Por otro lado, la Comisión Europea ha desarrollado los siguientes aspectos:

- Un centro de control e información, para la gestión de catástrofes, operativo 24 h (*Monitoring and Information Centre: MIC*). Se encuentra ubicado físicamente en Bruselas.
- Creación y gestión de un sistema común de comunicación en emergencia (CECIS).
- Prever los recursos necesarios para movilizar y enviar, en el más breve plazo posible, pequeños equipos de expertos que estarían encargados de:



Figura 11. Equipo de evaluación y apoyo a la gestión de las inundaciones de Bolivia en 2007.

- Evaluar la situación.
- Facilitar cuando sea necesario la coordinación de las operaciones de ayuda sobre el terreno, y el enlace cuando sea preciso y adecuado con las autoridades competentes del Estado que haya solicitado la ayuda.
- Establecer un programa de formación destinado a coordinar las actuaciones de ayuda en el ámbito de la Protección Civil.
- Reunir información sobre las capacidades de los Estados miembros acerca de sueros, vacunas y otros recursos médicos necesarios.
- Establecer un programa para aprovechar los conocimientos adquiridos en las intervenciones.
- Estimular y fomentar la introducción de nuevas tecnologías.
- Adoptar medidas para facilitar el transporte de recursos de ayuda y otras acciones de apoyo.

La información internacional de este organismo se puede encontrar en:

#### European Commission

Directorate-General Environment  
Civil Protection Unit (ENV/D3) - BU-9  
<http://ec.europa.eu/environment/civil/index.htm>

En esta página se puede obtener información complementaria y las últimas actuaciones del mecanismo en distintos ámbitos y riesgos.

Cada vez que un avión de Grecia, Portugal, Francia o Italia presta sus servicios en colaboración con nuestras autoridades, o a la inversa, estos aviones, equipos y expertos se movilizan a través de este mecanismo europeo.

#### Retos de futuro y posibles acciones para mejorar el sistema de Protección Civil

La Protección Civil en España ha avanzado enormemente en los últimos años, partiendo de la base de que, cuando se aprobó la Ley 2/85, apenas se habían realizado estudios de análisis de

riesgos y, en muchos casos, sólo se intervenía cuando ocurría algo. No se habían desarrollado ni el estudio de riesgos ni las medidas preventivas, y en el caso especial de las inundaciones, tampoco había sistemas de alertas (tanto meteorológicos como hidrológicos).

Pese a todo, queda aún camino por recorrer y muchos aspectos pueden y deben mejorarse. Entre estos podemos destacar:

- Aunque existen convenios de colaboración entre varias instituciones que forman el Sistema Nacional de Protección Civil, se debería fomentar más el trabajo entre las distintas Administraciones (estatal, autonómica y local) y los distintos organismos que trabajan en riesgos (IGME, AEMET, IGN, CSIC, CEDEX, confederaciones hidrográficas, entre otros) para crear plataformas de intercambio de expertos y conocimientos, sobre todo para el estudio y la previsión y prevención de riesgos.
- La Ley del año 1985 ha quedado en algunos aspectos desfasada, ya que las comunidades autónomas tienen mayores competencias y se ha creado la Unidad Militar de Emergencias (UME). Es necesaria una nueva ley que delimite claramente las competencias para evitar problemas de todos conocidos a la hora de asumir estas competencias.
- Por otra parte, el nivel local no se ha desarrollado lo suficiente, por lo que el siguiente paso para completar la integración de todo el Sistema Nacional debería ser fomentar la realización sistemática de los planes de emergencia municipal, con el consecuente análisis de riesgos a escala local.
- Se debería, para el caso concreto de las inundaciones, hacer un esfuerzo coordinado para desarrollar la Directiva Europea ante el Riesgo de Inundaciones (noviembre, 2007), que profundiza en el análisis y gestión del riesgo, y que será de obligado cumplimiento en varias fases (de 2011 a 2015).

- Respecto a la formación, aunque la Dirección General de Protección Civil y Emergencias lleva años trabajando con el INCUAL (Instituto Nacional de Cualificaciones, dependiente del Ministerio de Educación), todavía no se ha aprobado la cualificación en Protección Civil, lo que hace que exista una gran disparidad en cuanto a la formación y capacidades de los distintos técnicos (de la antigua FP) de Protección Civil. El mismo problema ocurre con los bomberos. Tampoco existe una formación universitaria especializada en el campo de la Protección Civil y los riesgos.
- La Escuela Nacional de Protección Civil debería convertirse en el foro y plataforma de intercambio de expertos de todas las Administraciones, organismos relacionados y universidades, funcionando como nexo de unión con Iberoamérica y Europa. Para ello, se debería potenciar su funcionamiento y la difusión de sus actividades, centralizando de alguna manera toda la información disponible para investigadores, expertos y ciudadanos en general, y creando un lugar referencia para los mismos, en materia de riesgos naturales.
- Por último, se deberían mejorar los mecanismos de información, formación y divulgación entre los ciudadanos y el propio sistema nacional, ya que existe un gran desconocimiento del propio sistema, lo que hace que en casos de catástrofes se diluyan las competencias y las responsabilidades, lo que actúa en contra de la eficacia que debe tener un servicio público.

El problema general podría concretarse en que cada vez hay más gente trabajando y estudiando los riesgos (desde su identificación hasta la intervención), pero algún organismo debería actuar potenciando esa coordinación multidisciplinar, tan importante en la gestión de emergencias. Sin lugar a dudas, ese organismo debería ser la Dirección General de Protección Civil y Emergencias.

#### Bibliografía

Ayala F. J. y Olcina J. (2002). *Riesgos Naturales*, Ed Ariel.  
Murck B., Skinner B. y Porter S. (1997). *Dangerous Earth*, Ed. John Wiley.  
VV AA (1997). *Guía ciudadana de los riesgos geológicos*, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, Madrid.  
VV AA (1987). *Riesgos Geológicos*, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.  
Dirección General de Protección Civil ([www.proteccioncivil.org](http://www.proteccioncivil.org))  
Normativa reguladora de Protección Civil:  
<http://www.proteccioncivil.org/es/DGPCE/normativa.html>  
Centro de Documentación de la Dirección General de Protección civil: [http://www.proteccioncivil.org/es/DGPCE/informacion\\_y\\_documentacion.html](http://www.proteccioncivil.org/es/DGPCE/informacion_y_documentacion.html)  
Guía didáctica de inundaciones, dentro del programa de Prevención en Centros Escolares y CD para niños: [http://www.proteccioncivil.org/es/DGPCE/Informacion\\_y\\_documentacion/catalogo/index.html#A1](http://www.proteccioncivil.org/es/DGPCE/Informacion_y_documentacion/catalogo/index.html#A1)

Instituto Geográfico Nacional ([www.ign.es](http://www.ign.es))  
Instituto Geológico y Minero de España ([www.igme.es](http://www.igme.es))  
Global Information System on Natural Hazards (GISNH), base de datos que se puede consultar en UNEP-DEIA-GRID-Geneva ([www.grid.unep.ch](http://www.grid.unep.ch))  
FEWS Flood Risk Monitoring Model, proyecto de la FAO con participación de la USGS ([www.fews.net](http://www.fews.net))  
Servicio Geológico de los EE UU ([www.usgs.gov](http://www.usgs.gov))  
Federal Emergency Management Agency, FEMA (<http://www.fema.gov/>)  
Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales ([www.unisdr.org](http://www.unisdr.org))  
Imágenes de satélite y otros proyectos de la NASA ([www.jpl.nasa.gov](http://www.jpl.nasa.gov))  
CRID, Centro Regional de Información de Desastres ([www.crid.or.cr](http://www.crid.or.cr))  
The US Agency for International Development ([www.usaid.gov](http://www.usaid.gov))

# Gestión para un uso público del patrimonio paleontológico

## Una propuesta para los yacimientos del Mioceno medio de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid, España)

Este artículo afronta el uso público de un yacimiento paleontológico, así como parte de su gestión; aborda las premisas legislativas actuales y necesarias, además de una reflexión final y aclaratoria acerca de la presente Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Se incluyen también otros aspectos prácticos, como el permiso de excavación, valoración y equipo, y se subraya, fundamentalmente, el importante papel de la divulgación. En este último apartado se incluye un proyecto para que los ciudadanos de Pozuelo de Alarcón conozcan su patrimonio natural.

**Texto** | Samuel Rodríguez Domínguez, geólogo, samu\_d81@hotmail.com  
**Fotos e ilustraciones** | Samuel Rodríguez Domínguez

Palabras clave

**Patrimonio natural, patrimonio geológico, legislación, divulgación, Somosaguas**

El presente trabajo tiene como objetivo destacar la gestión de un proyecto científico-divulgativo, donde se ha puesto especial énfasis en el aspecto divulgativo debido a los escasos conocimientos sobre paleontología y geología del público en general; el artículo no pretende afrontar todos los problemas que plantea un yacimiento, sino indicar unos pasos a tener en cuenta.

La gestión actual del yacimiento de Somosaguas (*figura 1*) situado en el campus homónimo de la Universidad Complutense de Madrid, cubre en gran parte numerosas expectativas, tales como la implicación del alumnado y la realización de diversos artículos científicos y tesis doctorales. En cuanto a la divulgación, el yacimiento actualmente es aprovechado de manera destacada por el equipo de investigación que lo gestiona para explicar los aspectos más relevantes de la paleontología y las ciencias de la Tierra; sin embargo, la política divulgativa, por problemas claramente presupuestarios, no resulta todo lo ambiciosa que podría ser; una circunstancia muy generalizada en la ciencia española.

Existen varios ejemplos de gestión de yacimientos, pero el antecedente de gestión de un yacimiento paleontológico más parecido a la presente propuesta lo constituye el West Coast Fossil Park de Sudáfrica, en el cual se pueden realizar excavaciones, observar réplicas y reconstrucciones, así como participar en diversas actividades para el público de cualquier edad.

El actual marco legislativo para la protección del yacimiento y su uso con fines divulgativos resulta complejo, por lo cual es necesario precisar algunos puntos clave que serán comentados, particularmente la Ley 42/2007, de 13 de



*Figura 1. Yacimiento de Somosaguas.*

Cubre en gran parte numerosas expectativas, tales como la implicación del alumnado y la realización de diversos artículos científicos y tesis doctorales

diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Debido a que el 80% de las rocas sedimentarias y sedimentos contienen fósiles, y que éstos son parte constituyente de las rocas, no

todos los yacimientos paleontológicos son susceptibles de ser protegidos; sería extravagante proteger, por ejemplo, toda la cordillera Ibérica, o impedir el uso industrial de algunas rocas muy fosilíferas como las calizas. Es, por tanto, más sensato proteger aquellos fósiles susceptibles de interés científico, divulgativo o que puedan servir como modelo de un proceso natural.

Por otro lado, se incluyen los hitos a recorrer para obtener los permisos de excavación de un yacimiento paleontológico, además de las consideraciones necesarias para abordar la gestión del proyecto. Para finalizar, se realiza una propuesta divulgativa dirigida a escolares y al público en general a modo de tríptico, en el cual se explican de forma sencilla conceptos básicos sobre el yacimiento de Somosaguas.

### Marco legislativo

La legislación que afecta al yacimiento de Somosaguas están en el ámbito de competencias de dos leyes: una ley estatal reciente del Parlamento español, Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, y otra de la Comunidad de Madrid, Ley de Patrimonio Cultural de la Comunidad de Madrid. La legislación concerniente a la diversidad geológica y sus ámbitos de protección es fundamental en este caso, debido a que los fósiles están incluidos en la primera como Patrimonio Natural. La ley, en su preámbulo, estipula: "Esta Ley establece el régimen jurídico básico de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural"; y, más adelante, afirma: "La preservación de la variedad, singularidad y belleza de los ecosistemas naturales, de la diversidad geológica y

del paisaje”, donde incluye los fósiles dentro de la diversidad geológica (BOE de 14 de diciembre de 2007).

Sin embargo, hasta ahora se ha venido aplicando a diversos yacimientos paleontológicos de la Comunidad Autónoma de Madrid (CAM) la Ley de Patrimonio Cultural de la Comunidad de Madrid (web de Noticias Jurídicas, 2009), que en su artículo 9 incluye a los fósiles en general como bien de interés cultural.

## Se considera patrimonio aquello que nos interesa conservar, ya sean elementos naturales o elementos culturales

La problemática con respecto al yacimiento de Somosaguas se debe a la compleja delimitación del ámbito de protección, ya que éste debe garantizar su protección de los bienes paleontológicos muebles e inmuebles, pero también su divulgación, llevando a escolares y todo aquel interesado en participar en tareas de extracción y en conocer un yacimiento paleontológico. Este yacimiento es particularmente favorable debido a que es un yacimiento de fósiles con grado de conservación variable en el que existen abundantes fragmentos y esquirlas, que permite a estudiantes y personas no especializadas poder practicar la prospección y excavación sin riesgo de perder ejemplares de calidad. Sería conveniente que el desarrollo de la Ley de Patrimonio Natural por parte de la Comunidad de Madrid haga posible un régimen de protección adecuado.

A continuación se comparan los modelos de protección que proponen ambas normativas. La Ley de Patrimonio Cultural de la Comunidad de Madrid, a diferencia de la reciente Ley del Patrimonio Natural de ámbito estatal, define una categoría específica para los yacimientos de fósiles denominada “Zona Paleontológica”. Esta ley establece una serie de ámbitos de protección en su artículo 40, a saber:

- Ámbito de máxima protección.
- Ámbito de especial protección.
- Ámbito de protección específica.
- Ámbito de protección general.

La delimitación corresponde a la Consejería de Educación y Cultura, mediante un plan especial se desarrollará el régimen de usos de las áreas o categorías de protección.

Por otro lado, la ley estatal establece cinco figuras de protección, pero se considera que solamente uno se ajustaría al caso del yacimiento Somosaguas, que sería el de Monumento Natural, ya que es la que hace más referencia a los fósiles y permite la protección de un terreno tan reducido.

Es necesaria una reflexión sobre esta ley. Para aclarar una confusión que existe en torno al patrimonio: se considera patrimonio aquello que nos interesa conservar, ya sean elementos naturales (como una roca, un fósil o un organismo animal o vegetal), o elementos culturales (como un libro, un conjunto arquitectónico, una pintura, etc.). El patrimonio lo forman los bienes de interés, y por eso se considera patrimonio sólo aquellos elementos que destacan por su interés: no todos los elementos (naturales o culturales) son considerados patrimonio.

Los fósiles con suficiente interés para ser considerados como patrimonio (por su singularidad, representatividad, interés científico, didáctico, turístico, cultural, etc.), forman parte del patrimonio geológico, que a su vez forma parte del patrimonio natural, y no del patrimonio cultural. La razón de que formen parte del patrimonio natural (Díaz-Martínez *et al.* 2009) está en el origen del elemento: se considera cultural aquello relacionado con la actividad humana, mientras que lo natural es el resultado de los procesos de la naturaleza, sin intervención del hombre. En nuestro caso, los fósiles son resultado de procesos naturales y, por tanto, forman parte de la naturaleza. Sólo podríamos considerarlos como elementos culturales si se hubiesen originado por la actividad humana (huellas humanas, industria lítica, etc.). En nuestro caso, el yacimiento de Somosaguas está formado exclusivamente por fósiles de animales de hace 14 millones de años originados como consecuencia de procesos naturales; de esa manera, se incluirían como parte del patrimonio natural. Pero en la Comunidad de Madrid existe una Ley de Patrimonio Cultural donde el patrimonio paleontológico se integra dentro del patrimonio cultural. La situación actual se resume en esta paradoja, aunque bien es cierto que, gracias a la ley de patrimonio cultural, se han protegido yacimientos que de otro modo no se hubieran conservado. No obstante, el desarrollo de la nueva ley se supone que permitirá un adecuado estudio, protección y divulgación de los yacimientos paleontológicos.

### Permiso de excavación

Para obtener los permisos de excavación de yacimientos arqueológicos-paleontológicos en la Comunidad de Madrid se deben seguir una serie de pasos que establece la Consejería de Cultura y, más concretamente, la Dirección General de Patrimonio Histórico:

Formulario de solicitud de hoja informativa para la excavación de restos paleontológicos en el campus de la Universidad Complutense de Madrid. El formulario está dividido en varias secciones:

- 1. DATOS DEL INTERESADO Y REPRESENTANTE DE SU DERECHO:** Incluye campos para el nombre y DNI del interesado (Alberto Cruzblanca) y del representante (David).
- 2. DESCRIPCIÓN:** Describe el lugar de intervención (Calle de Toledo, s/n) y el tipo de finca (rural).
- 3. DOCUMENTACIÓN ADJUNTA:** Incluye un plano de situación adjunto y un CD con coordenadas UTM georreferenciadas.
- 4. DESTINATARIO:** Se indica que el destinatario es la Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid.

Figura 2. Ejemplo de solicitud de hoja informativa, primer paso para adquirir el permiso de excavación.

- Ha de realizarse una solicitud de hoja informativa (figura 2). En esta solicitud se ha de hacer constar:

- Tipo de finca (urbana, rural).
- Metros (extensión en m<sup>2</sup>).
- Plano de situación (adjunto).
- CD con coordenadas UTM georreferenciadas.
- Número de fax.

A continuación se emite (nosotros recibimos) la hoja informativa, que facilita la sección de Patrimonio Histórico de la Consejería de Cultura.

- Una vez que se emite la hoja informativa debe realizarse la solicitud de autorización de prospección arqueológica/paleontológica.
- La Administración emite el permiso.
- Una vez que se ha obtenido el permiso y se comienza la prospección, se ha de comunicar la aparición de restos mediante un fax escrito a la Consejería de Cultura.
- Se realiza la solicitud de autorización de excavación, donde se establecen los procedimientos y métodos para la excavación, el periodo durante el que se lleva a cabo y la previsión de lo que se espera encontrar.

La Administración responde con una resolución final, autorizando o desautorizando la actuación.

Para aclarar estos términos, entendemos como “solicitud” una petición que hacemos a la Administración en la forma que ella misma establece.

Denominamos "prospección" a la exploración superficial en busca de indicios paleontológicos, y "excavación" a la acción propia de cavar en el terreno para la extracción de dichos fósiles.

**Valoración**

El objetivo de la valoración es ordenar jerárquicamente los yacimientos por su importancia, interés o calidad, e incluirlos en un catálogo. Es necesario valorarlos con unos criterios lo más objetivos posibles. Para la tabla de valoración se han utilizado los criterios y métodos propuestos por Cendrero, 2000. Obviamente, los criterios no se describen aquí, debido a su extensión, para la consulta de los mismos se sugiere al lector que consulte la reseña bibliográfica (tabla 1).

El yacimiento de Somosaguas es muy interesante para realizar tareas de aproximación a las excavaciones paleontológicas. En este sentido, la gran ventaja del yacimiento es que posee un grado de conservación variable, en el cual existen abundantes fragmentos y esquirlas de restos fósiles que pueden ser extraídos por el público profano en la materia, sin peligro de perder piezas de valor a causa de su inexperiencia.

**Equipo de excavación**

En cuanto al equipo de la excavación, primero se adjuntará la foto aérea delimitando el área de trabajo, y a continuación se dará la lista con el material necesario.

Lista de material:

- Cajas de plástico
- Punzones
- Tamices
- Metro
- Cajitas
- Escala
- Cuadrículas (hilos y varillas)
- Plantilla de clasificación granulométrica
- Cepillos, brochas
- Plantillas para columnas estratigráficas
- Bolsas para compactación
- Lápices, rotuladores indelebles, pinturas
- Papel higiénico
- Lupa de mano
- Escayola
- Ácido clorhídrico diluido
- Cubos
- Cámara de fotos
- Capazos
- Cojines
- Picos y palas

**Presupuesto**

El presupuesto deberá incluir los sueldos de los investigadores, pero éstos se enmarcan dentro de becas de la UCM, Ministerio de Educación y Ciencia, o bien becas que oferta la Comunidad de Madrid. Además, se podrían solicitar otras ayudas a entidades privadas como bancos o

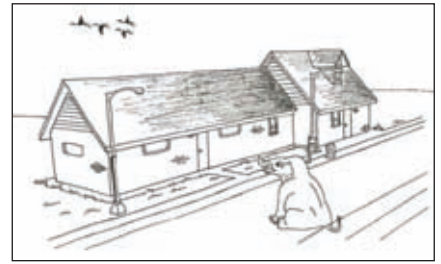


Figura 3. Representación de posible centro de trabajo y excavaciones.

grandes empresas que destinen fondos para investigadores.

Las excavaciones desarrolladas en el mes de mayo llevadas a cabo durante la última década, dirigidas por la doctora Nieves López Martínez<sup>†</sup> y financiadas por la UCM, se han distinguido como lugar oficial de prácticas de campo y laboratorio, por alumnos de varias facultades de la UCM.

Las actuales campañas de excavación (quinceñales en el mes de mayo) son bastante eficaces y prolíficas, con lo cual no me parece necesaria ninguna modificación en este sentido, tan sólo mejorar la infraestructura y el equipamiento con un pequeño edificio como taller y laboratorio, en el cual se podrían instalar paneles solares para el consumo de electricidad además de algún lavabo (figura 3).

El abundante material extraído durante diez años de excavaciones ha dado lugar a numerosas publicaciones y estudios paleontológicos.

Valoración	1	2	3	4	5
<b>Criterios de valor intrínseco</b>					
Abundancia/rareza				Hay 2-4 ejemplos	
Extensión superficial	<1.000 m <sup>2</sup>				
Grado de concimiento del tema					Más de una tesis doctoral...
Utilidad como modelo para ilustrar procesos					Muy útil
Diversidad de elementos de interés					5 o más tipos
Edad		Terciario			
Carácter de localidad-tipo			Localidad tipo secundaria		
Asociación con restos u otros elementos	No existen otros restos				
Asociación con otros elementos del patrimonio natural	No hay otros elementos naturales				
Estado de conservación			Construcciones que enmascaran parcialmente el rasgo		
<b>Criterios relacionados con la potencialidad de uso</b>					
Posibles actividades a realizar					Posible realizar los 5 tipos
Condiciones de observación					Óptimas
Accesibilidad					Acceso directo
Extensión superficial	<1.000 m <sup>2</sup>				
Proximidad a poblaciones					Próximo a poblaciones
Número de habitantes en el entorno					>100.000 habitantes en 25 km
Condiciones socioeconómicas del entorno					Superiores a la media nacional
Posibilidad de extracción de objetos					Extracción posible sin daños
Estado de conservación				Algún deterioro	
<b>Criterios relacionados con la necesidad de protección</b>					
Accesibilidad					< 1km desde el camino más próximo
Extensión superficial					>1.000 m <sup>2</sup>
Proximidad a poblaciones	Población numerosa en el entorno				
Número de habitantes en el entorno	>100.000 habitantes radio 25 km				
Amenazas actuales o potenciales (infraestructuras)	Zona amenazada				
Posibilidad de extracción de objetos				Extracción posible sin daños	
Situación en el planteamiento vigente	Catalogado como urbanizable				
Interés para la explotación minera					Sin interés
Valor de los terrenos	>60 € el m <sup>2</sup>				
Régimen de propiedades del lugar				Propiedad municipal	
Fragilidad	De dimensiones métricas destruibles por pequeñas obras				

Tabla 1. Tabla de valoración (realizada a partir del trabajo de Cendrero, 2000).

<sup>†</sup> Fallecida el 15 de diciembre de 2010.

Actualmente, las acciones divulgativas al público en general que se realizan son las siguientes:

- Visitas guiadas a escolares.
- Días de puertas abiertas con explicaciones a los asistentes sobre el yacimiento; allí también podemos encontrar las reproducciones que se han efectuado en resina de los restos hallados más destacados, así como paneles informativos portátiles.

Podría ser mucho más amplia la divulgación al público en general, para lo que se considera fundamental el apoyo de la Administración local

También algunos estudiantes realizaron una pintura mural cercana al yacimiento en la que se plasma una reconstrucción paleobiogeológica del entorno. Además, el yacimiento ha sido objeto de reportajes para la televisión. Todas estas acciones se han llevado a cabo gracias al gran esfuerzo del equipo del "Proyecto Somosaguas", con escasa financiación pero supliéndola con mucha ilusión y trabajo.

No obstante, el aspecto que se considera que podría ser mucho más amplio es el de la divulgación al público en general, para lo que se considera fundamental el apoyo de la Administración local.

**Divulgación**

Para la acción divulgativa se han considerado dos tipos de actuaciones que podrían ser sucesivas en el tiempo, ya que además de complementarse servirían para dar a conocer el yacimiento al público de manera gradual.

El primer plan de actuación, cuyo título sería "Un paseo paleontológico en Somosaguas", constaría de tres fases:

- Proponer un lugar de interés geológico (LIG) cuyo objetivo sería establecer un lugar de interés científico y educativo, garantizar y facilitar su conservación y disfrute (según IGME); para conseguirlo es necesario rellenar un formulario y enviarlo al IGME.
- Realizar un tríptico con información sencilla sobre la geología y la paleontología de la zona (figuras 5 y 6), la información para la realización de las figuras: datación absoluta de 14,5 millones de años (Domingo *et al.*, 2009), dibujo de la



Figura 4. Fotografía modificada del yacimiento de Somosaguas Norte con un hipotético panel con información de la página web del Proyecto Somosaguas. <http://www.ucm.es/info/somosagu/primer/Principal.htm>



**Los fósiles que encontramos en Somosaguas han sido resedimentados (fueron transportados desde otras zonas más lejanas).**

El proceso fue así: imaginad que los animales murieron y fueron arrastrados por una ola de barro, como en el dibujo; el niño estaría sentado en la Sierra y volcaría el cubo hacia Madrid, arrastrando los huesos.

- ¿Qué es un fósil?  
Es un resto de un organismo del pasado (animal o vegetal) o una señal de su actividad (huellas, excrementos, etc...)

- ¿Cómo se nombran?  
Hace unos 200 años, un científico llamado Linneo inventó un sistema para clasificar y nombrar a los seres vivos (o extinguidos). Por ejemplo, el nombre científico del perro es *Canis lupus*.

- ¿Qué hace un Paleontólogo?  
Un Paleontólogo es un científico naturalista que estudia los huesos y restos de animales y plantas del pasado para conocer cómo y dónde vivieron y reconstruir su historia a lo largo del tiempo.

Recordad siempre cuidar los fósiles porque nos cuentan su historia del pasado.



**SOMOSAGUAS**



**TRÍPTICO**

**UN PASEO POR EL MIOCENO MEDIO**

**RECORRIDO PALEONTOLOGICO**

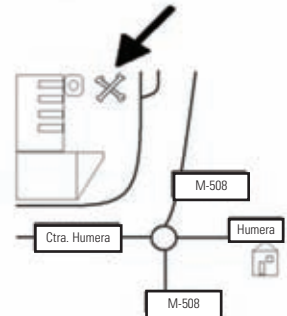
**IAMUR. RODRIGUEZ DOMINGUEZ**




**¿Cómo llegar?**

El yacimiento se encuentra en la Comunidad de Madrid, en el término municipal de Pozuelo de Alarcón.


El acceso es bastante fácil en vehículo propio siguiendo el mapa y en transporte público cogiendo los autobuses de la EMT: A, H, I.




Unos 50 millones de años después de la desaparición de los Dinosaurios, en el Mioceno medio vivieron estos animales, más concretamente hace 14,5 m. a.




Contexto: Orogenia Alpina, la placa africana y la placa europea comprimen a Iberia.



Se produce la formación de los relieves, en particular los Pirineos, Las Béticas y el Sistema Central.



Durante el Eoceno, como consecuencia de la elevación del terreno, se produce la erosión del Sistema Central cuyos sedimentos rellenan la Cuenca de Madrid



¿Por qué encontramos restos de caballos en Somosaguas?  
En el Mioceno inferior, los caballos, originarios de América, cruzan el estrecho de Bering (entre Asia y América) y avanzan hacia Europa llegando a Somosaguas.

Figura 5 y 6. Tríptico divulgativo (a dos caras) sobre el yacimiento de Somosaguas en que se muestra de manera sencilla y didáctica aspectos interesantes sobre la formación y edad del yacimiento.

orogenia Alpina (inspirado en el texto de Carrasco *et al.*, 2008) y dibujo del camión Eoceno (adaptado a partir del texto de Morales, 2000).

- Complementar el entorno del yacimiento con cuatro grandes paneles (*figura 4*) donde se explicaría de forma didáctica la formación del yacimiento, adaptados también en relieve y en lenguaje *braille* para invidentes. En estos paneles se explicarían los fósiles encontrados, la reconstrucción paleogeográfica, los procesos de tafonomía y la asignación cronológica del yacimiento dentro de la historia de la Tierra. También se realizarían carteles para distribuirlos por los colegios e institutos de la zona además de en el propio campus de Somosaguas. Incluso se podría realizar un pequeño póster para el Aula de la Naturaleza del Ayuntamiento de Pozuelo de Alarcón.

Este primer plan de actuación estaría destinado al público en general.

Podría resultar también de mucho interés añadir unas maletas didácticas para que alumnos monitores de la UCM las distribuyeran por los colegios del municipio enseñando los fósiles del yacimiento.

La lista de elementos necesarios del plan 1, titulado "Un paseo paleontológico por Somosaguas", son:

- Trípticos a color: 1.000 unidades.
- Paneles: 6 unidades.
- Carteles: 50 unidades (70 x 100 cm).

El segundo plan de actuación incluiría:

- Una exposición sobre el yacimiento, bien en el propio campus universitario, bien en un lugar habilitado dentro del municipio de Pozuelo de Alarcón.
- Una organización de talleres en las casas culturales del municipio.
- Preparar y organizar conferencias y tertulias en colegios e institutos impartidas por alumnos que estén implicados en el "Proyecto Somosaguas".

- La instalación cerca del yacimiento de unas esculturas (reproducciones) de la fauna que habitaba en Madrid durante el Mioceno medio.

La financiación en primer lugar correspondería al municipio de dicha localidad, pudiendo colaborar la Comunidad de Madrid, entidades privadas que tengan presupuestos para obra social (entidades bancarias, empresas interesadas). Otra fórmula, tal vez lo más interesante para asegurar la divulgación y publicaciones científicas, sería la creación de una fundación que gestionara todas las actividades a desarrollar.

## La mejora de las instalaciones supondría un desarrollo simultáneo de excavación e investigación

### Conclusiones

Es necesario un desarrollo adecuado de la Ley de Patrimonio Natural por parte de las comunidades autónomas, en concreto la de Madrid, para que el campo paleontológico sea incluido dentro del patrimonio natural, además de ser protegido, estudiado y divulgado por especialistas competentes.

Sería interesante la divulgación del yacimiento de Somosaguas, dirigida en primer lugar a los vecinos de Pozuelo de Alarcón y visitantes de otras localidades, para que conozcan, valoren su patrimonio natural y así sean capaces de protegerlo. Esta divulgación debería ir acompañada de apoyo institucional en sentido económico por parte del municipio, y didáctico-científico por parte de la universidad.

La mejora de las instalaciones (el pequeño edificio) supondría un desarrollo simultáneo de

excavación e investigación *in situ*, ahorrando tiempo en desplazamientos y mostrando al visitante cómo se trabaja tanto en campo como en laboratorio, observando la labor de los paleontólogos, trabajando con ellos y acercándose así a la aventura del tiempo y del espacio geológicos.

### Agradecimientos

A la doctora Nieves López Martínez, directora de la excavación paleontológica de Somosaguas por su apoyo a la presente publicación.

A la geóloga Sofía Mata Bardallo por su inestimable ayuda en la realización del artículo.

Al doctor Manuel Hernández Fernández por sus consejos y visión crítica.

Y al director de la revista, Jose Luis Barrera, por la corrección y montaje de la publicación.

### Páginas web

Instituto Geológico y Minero de España (IGME), España, 15/12/2009, <http://www.igme.es>

Blog del Equipo de Introducción a la Investigación GeoPaleoBiológica en Somosaguas, España, 26/10/2010, <http://investigacionensomosaguas.blogspot.com>

Noticias Jurídicas (NJ), España, 19/10/2009, [http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/CCAA/ma-10-1998.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/CCAA/ma-10-1998.html)

Proyecto Paleontológico Somosaguas (Aitor Luis Cavia), España, 22/04/2008, <http://www.ucm.es/info/somosagu/primera/Principal.htm>

West Coast Fossil Park (WCFP), Sudáfrica, 21/12/2009, <http://www.fossilpark.org.za/index.html>

### Bibliografía

- Boletín Oficial del Estado* (2007). Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. 299: 51.275-51.290.
- Carrasco, A. Sacristán, S., Benítez-López, G., Romero-Nieto, D., Fesharaki, O. y López Martínez, N. (2008). Aplicaciones paleoclimáticas y paleoambientales de los estudios mineralógicos al yacimiento de vertebrados Miocenos de Somosaguas, *Palaeontologica Nova* (VI EJIP). 8: 135-149.
- Cendrero, A. (2000). Patrimonio geológico; diagnóstico, clasificación y valoración, *Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible* (Soria, 22 al 24 de septiembre de 1999). 26-32.
- Díaz-Martínez, E. García-Cortés, A. y Carcavilla, L. (2009). Propuesta sobre el tratamiento del patrimonio paleontológico en la legislación sobre patrimonio histórico, *VIII Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España, Daroca. Resúmenes*, 19.
- Domingo, L. Cuevas-González, J. Grimes, S. T. Hernández Fernández, M. y López-Martínez, N. (2009). Multiproxy reconstruction of the palaeoclimate and palaeoenvironment of the Middle Miocene Somosaguas site (Madrid, Spain) using herbivore dental enamel, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 272: 53-68.
- Morales, J. (coord.) (2000). *Comunidad de Madrid. Arqueología, Paleontología y Etnografía*. 6: 85-287.

# Patologías en edificación

## Nuevas Tecnologías para su Solución. Mejora de Suelos de Cimentación

Como ya se mencionó en el número anterior de esta revista (T&T 37): "La masiva construcción de viviendas en los primeros años del siglo XXI, coincidiendo con el 'boom inmobiliario', ha producido una aceleración de la existencia de patologías, tanto en la cimentación como en la estructura de las edificaciones.

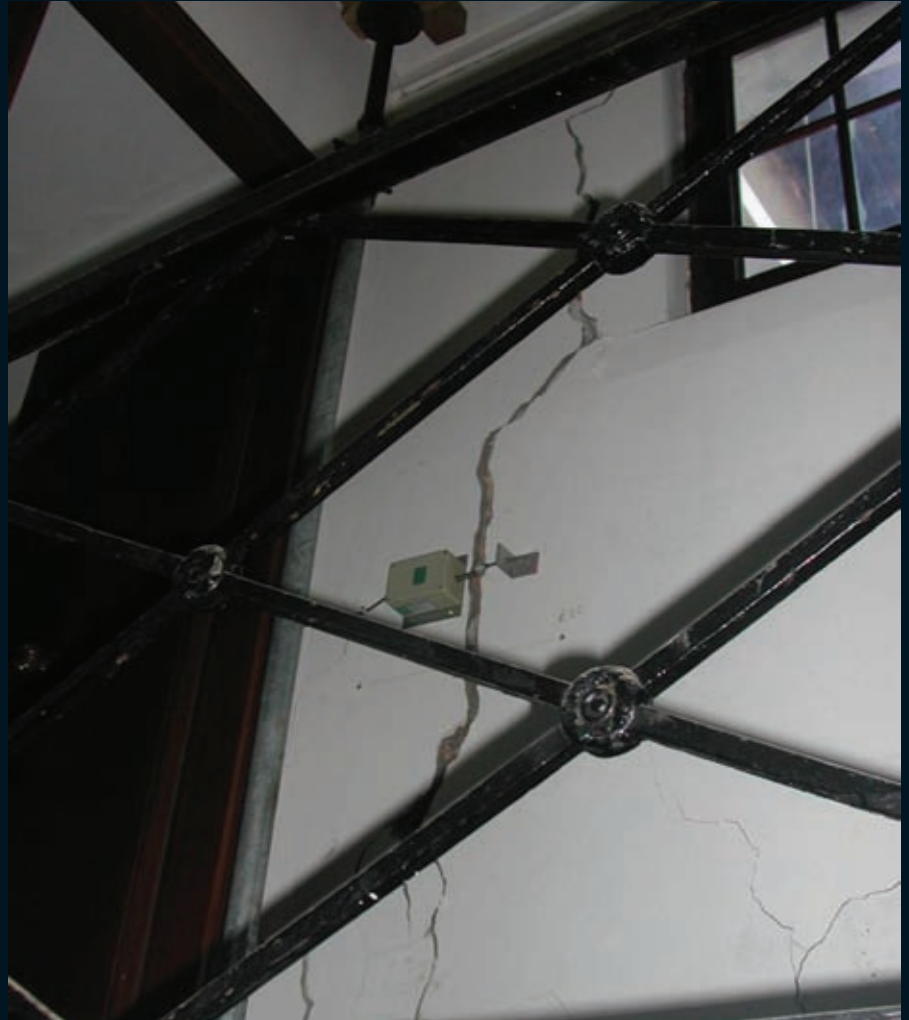
De todos los posibles tipos de patología que puede sufrir la edificación, las estadísticas demuestran que son las patologías ligadas a las cimentaciones las que mayores costes globales conllevan. Además tienen gran repercusión social, lo que las hace más notorias por la complejidad propia de su reparación, porque suponen una fuerte alteración y hasta interrupción del uso del inmueble, y porque suelen involucrar a colindantes e incluso poderes públicos. Urge como en ningún otro caso determinar las causas y cuanto antes dar una solución al problema".

En este artículo se plantean y detallan las soluciones innovadoras basadas en tecnologías especializadas en inyecciones de resinas expansivas para la consolidación de cimentaciones que surgen como alternativa a las clásicas soluciones tradicionales.

### Un método no invasivo, rápido e inmediatamente eficaz, económico y respetuoso con el medio ambiente (no produce residuos)

Una evaluación correcta de todas las fisuras existentes en una edificación es especialmente determinante para comprender la evolución de los asentamientos y así considerar las soluciones de estabilización.

URETEK<sup>®</sup>, que interviene esencialmente en casos de hundimientos, ha adquirido una experiencia muy amplia en la interpretación de fisuras. Los hundimientos diferenciales de los suelos de cimentación pueden ser causados por múltiples factores no siempre de fácil identificación. Se deben analizar los síntomas, esencialmente grietas y movimientos sufridos por el edificio (giros, asientos, desplazamientos, etc.) para deducir qué mecanismo los ha originado. A la vista de la cimentación existente y del conocimiento geotécnico del terreno de apoyo, se podrán deducir las causas del comportamiento conjunto estructura-terreno-cimiento que son el verdadero origen de la patología producida.



### Causas más comunes de hundimiento

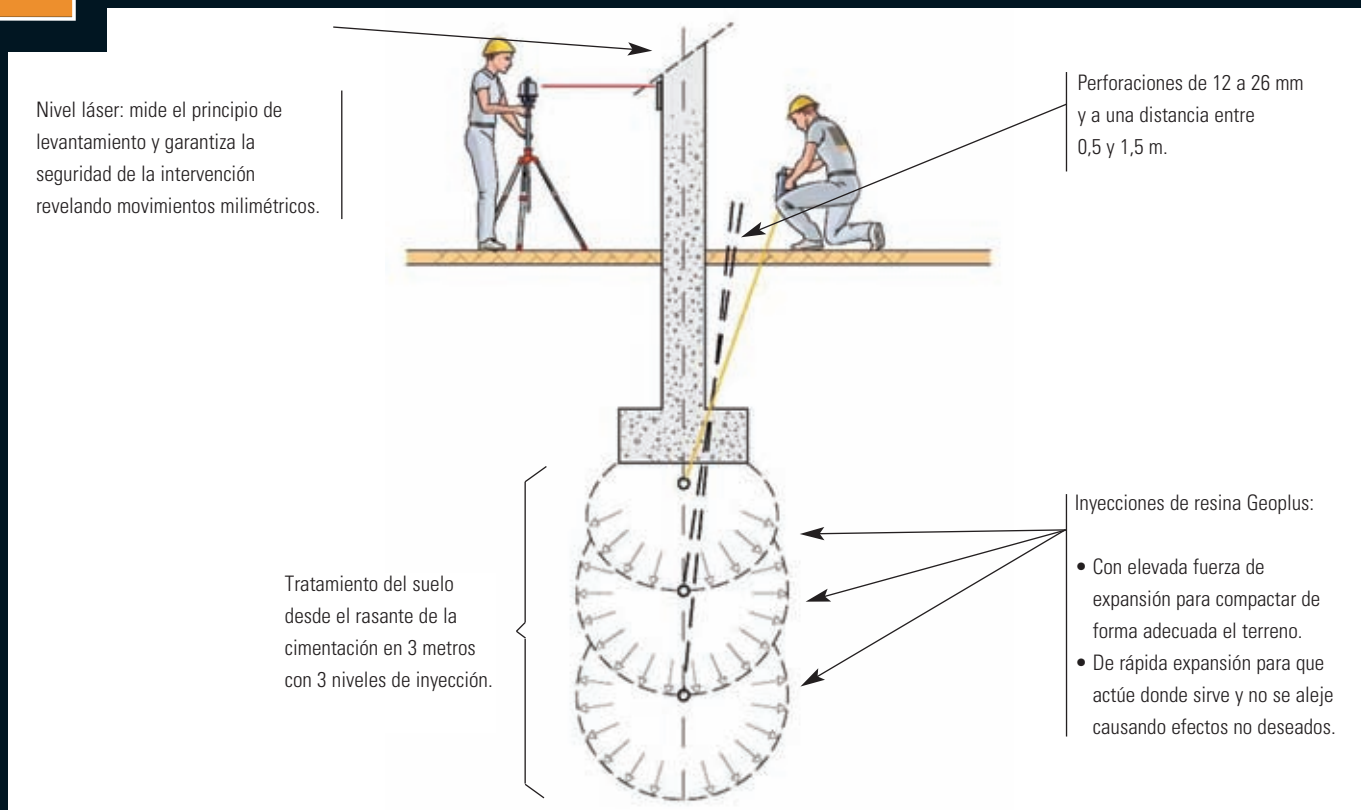
A continuación se enumeran de forma somera las principales causas de hundimiento:

- Diferencias en las dimensiones y profundidad de la cimentación en distintas áreas de la edificación.
- Exceso de agua causado por diversos motivos: escorrentía, rotura de tuberías, empalmes defectuosos de recogidas de aguas pluviales, etc.
- Diferencia en la profundidad de la cimentación.
- Descompresión o deslizamiento de suelos después de trabajos de excavación cercanos.
- Sobrecarga concentrada en una parte de la edificación.

- Heterogeneidad del plano de apoyo de la cimentación.
- Vibraciones.
- Sequedad de las capas superficiales del terreno debida a épocas de sequía o a la presencia de árboles y plantas con raíces profundas.

### Técnicas de mejora de suelos de cimentación

Uretek Deep Injections<sup>®</sup> es el método inventado y patentado por Uretek<sup>®</sup> por medio del cual es posible resolver de manera inmediata y definitiva cualquier problema relacionado con la capacidad de carga de los suelos bajo la cimentación: edificios civiles e industriales, edificios históricos, infraestructuras y obras especiales.



## Geoplus® es una resina que se obtiene mediante la mezcla de dos componentes. La reacción química procedente de la mezcla provoca un cambio del estado de la resina, que pasa de líquido a sólido en muy pocos segundos, transformándose así la resina en un material muy resistente

Uretek Deep Injections® es un método que se utiliza en todos los casos en que se necesita consolidar cimentaciones, estabilizar suelos y aumentar cargas, en cualquier tipo de suelos y en todo tipo de estructuras.

### Consolidación de los suelos de cimentación mediante inyección de Resina Expansiva Geoplus®

Las perforaciones, de un diámetro inferior a 3 cm, se efectúan directamente a nivel de cimentación, para alcanzar con precisión el volumen de terreno a tratar. La distancia entre las perforaciones puede variar en función de la edificación y el tipo de suelo.

Geoplus® es una resina que se obtiene mediante la mezcla de dos componentes. La reacción química procedente de la mezcla provoca

un cambio del estado de la resina, que pasa de líquido a sólido con un gran aumento de volumen (hasta 30 veces) en muy pocos segundos, transformándose así la resina en un material muy resistente. La rapidez de la reacción de expansión y solidificación hace que la resina no se aleje más de dos metros del punto de inyección y permite que ésta quede limitada al bulbo de presión de la cimentación, es decir, en el volumen de terreno expuesto a las tensiones inducidas por la distribución de cargas de la edificación. Generalmente, es la baja resistencia de este volumen lo que causa los asentamientos.

La expansión de la resina, hasta 10.000 kPa, continúa hasta que el terreno tratado resulta tan compacto que rechaza una compresión posterior, y hace que la resina se expanda hacia arriba causando el levantamiento de la edificación. En esta

fase, el levantamiento de la edificación indica que la resina ha rellenado el conjunto de huecos presentes y compactado el suelo de forma óptima.

Para ilustrar el procedimiento con un ejemplo, se puede esquematizar el sistema "terreno/resina Uretek" como dos muelles que interactúan entre sí: el muelle "resina" y el muelle "terreno". A la salida del tubo de inyección, el muelle "resina" está completamente contraído. La expansión de la resina inyectada se produce compactando el terreno circundante. El sistema estará en equilibrio cuando el muelle "resina" haya alcanzado un grado de expansión tal que la fuerza generada sea igual a la reacción opuesta del terreno comprimido. En este punto el sistema se encuentra en equilibrio estable debido al cambio de estado de la resina que se solidifica. La eficacia de la intervención se comprueba no sólo mediante el efecto de levantamiento, sino también con los medios técnicos estandarizados, como por ejemplo test penetrométricos o presiométricos comparativos.

### Ejemplos prácticos

A continuación se describe uno de los casos relevantes en los que la intervención en el terreno mediante la tecnología descrita Uretek Deep Injections® ha resuelto con éxito la problemática planteada:

#### Punta della Dogana/Venezia

Edificio construido en 1677 característico de Venecia situado en la confluencia del Gran Canal



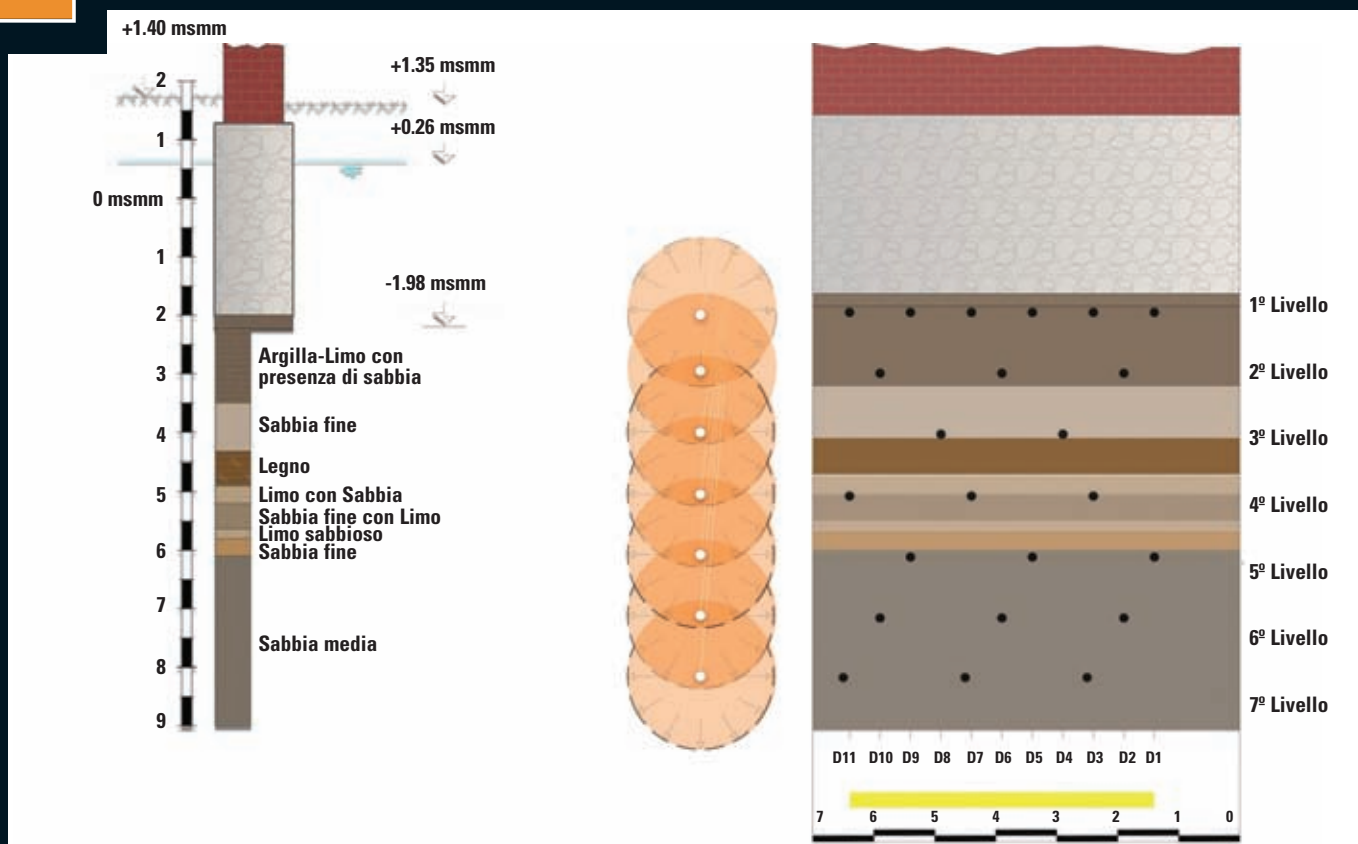
con el Canal de la Giudecca y la cuenca de San Marcos.

En su momento se detectó un problema de repentino colapso de la pared lateral y del Edificio Monumental de la Dogana (la vieja Aduana) debido a la rehabilitación de la ribera a lo largo del Gran Canal, que comenzó en mayo de 2003.

En el año 2004, se produce la intervención, que se dividió en dos fases: una de 15 días y otra de 12, para promover la disipación de las presiones neutras. El lapso de tiempo total era de 6 meses.

En su momento se detectó un problema de repentino colapso de la pared lateral y del Edificio Monumental de la Dogana (la vieja Aduana) debido a la rehabilitación de la ribera a lo largo del Gran Canal, que comenzó en mayo de 2003





Esquema de tratamiento con 6 niveles de inyección.

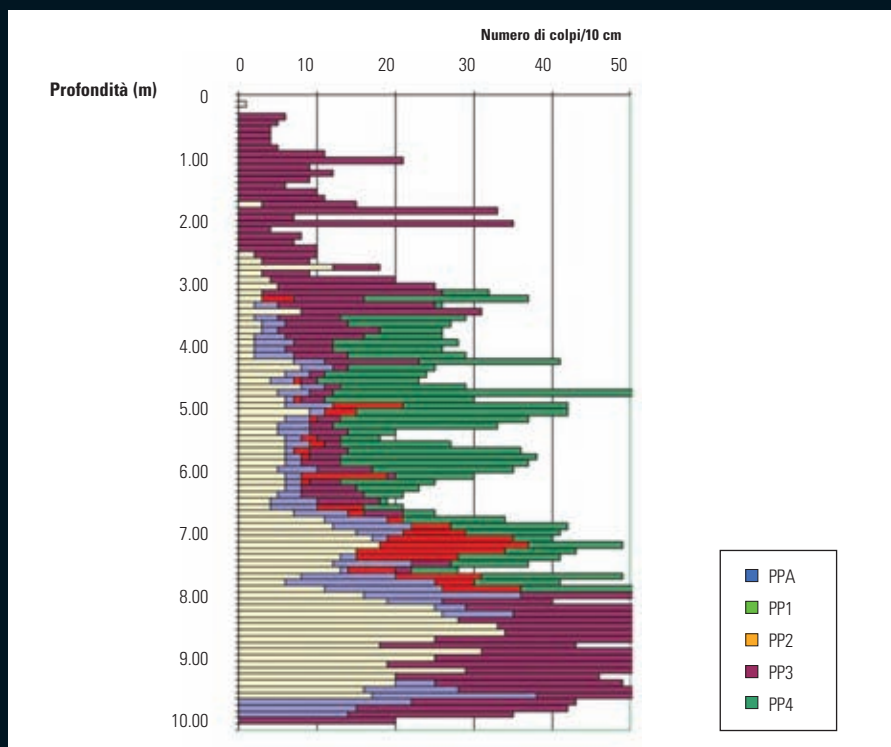
Como modalidad de intervención se empleó el método Uretex Deep Injections® con inyecciones en el suelo de cimentación y en la parte posterior de la pared del canal, sin interferir directamente con las estructuras de mampostería existentes. Se dispuso una malla de inyecciones sobre una serie

de niveles que van desde 4 hasta 7, con una distancia entre las perforaciones de unos 50 cm. Además, se efectuó un tratamiento de tipo columnar realizado retirando el tubo a través de la perforación con una velocidad controlada durante la distribución de la resina en el reverso de la pared.

El resultado de la intervención se comprobó mediante pruebas de penetración en el volumen de suelo afectado por el tratamiento antes, durante y después de la intervención, las cuales mostraron una mejoría de las características mecánicas del suelo.

La intervención, realizada por los técnicos Uretex en total autonomía, no sólo constituye un ejemplo de cómo la técnica es decisiva para la consolidación de los suelos tanto en presencia de gradientes hidráulicos como de terrenos de diversos tipos (desde arena-limosa a limo-arcillosa con inclusiones muy grandes y con madera), sino que también demuestra la eficacia de esta técnica en situaciones que requieren una acción inmediata para remediar el fracaso de los edificios, independientemente de los suelos de cimentación, y la capacidad de intervenir en lugares de difícil acceso y condiciones que presentan muchas limitaciones operativas, con costes reducidos y en breve tiempo.

En la actualidad, Punta della Dogana después de la consolidación y la realización de obras de reconstrucción del edificio, que lo preservan tanto de la humedad como de las mareas altas, ha sido objeto de una rehabilitación arquitectónica por parte del arquitecto japonés Tadao Ando, y ha sido transformado en un centro de arte contemporáneo. La ciudad portuaria antigua es ahora sede de las obras monumentales de la colección permanente de François Pinault.



# El Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA) de la Guardia Civil

El patrimonio geológico es una parte importante del patrimonio natural y como tal se ha de garantizar su conservación, así como facilitar su utilización y disfrute. Los estudiosos de la ciencia de la Tierra, necesariamente, han de ser defensores convencidos de ese patrimonio, cuyas diferentes formaciones y estructuras geológicas, minerales, rocas, fósiles y demás manifestaciones les permiten elaborar hipótesis sobre la historia y evolución de nuestro planeta.

**TEXTO** | Alfonso Escuer Mur. General de Brigada de la Guardia Civil. Jefe del SEPRONA

**FOTOS** | SEPRONA

Palabras clave

**SEPRONA, Guardia Civil, patrimonio geológico**



Quienes estamos comprometidos en nuestro trabajo diario con la conservación de la naturaleza apreciamos la valiosa aportación de los geólogos que, con sus conocimientos aplicados a la investigación del ambiente, contribuyen eficazmente al diagnóstico y corrección de agresiones a nuestro entorno así como a la prevención de los riesgos generados por las actividades humanas. Con este trabajo pretendemos contribuir a un mejor conocimiento mutuo que necesariamente redundará en un mejor servicio a nuestra sociedad.

## Misión de la Guardia Civil y cometidos fundamentales del SEPRONA

El artículo 12 de la Ley Orgánica 2/1986, de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, al establecer la distribución material de competencias, asigna a la Guardia Civil la función de velar por el cumplimiento de las disposiciones que tiendan a la conservación de la naturaleza y el medio ambiente, de los recursos hidráulicos, así como de la riqueza cinegética, piscícola, forestal y de cualquier otra índole relacionada con la naturaleza.



Sin perjuicio de que todo miembro de la Guardia Civil constituye el primer nivel de actuación en el desempeño de cometidos de protección medioambiental, se consideró necesario cualificar a una parte del personal, en aras a elevar el nivel de calidad de este tipo de servicio y a una mayor eficiencia en el empleo de los recursos. Así, en 1988, se creó el Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA), que desarrolla su misión específica a través de sus cometidos fundamentales:



Figura 1. Patrulla Motorizada Todo Terreno.

- Proteger el soporte físico natural: suelo, agua y atmósfera.
- Proteger las especies vivas que pueblan aquel soporte.
- Prevenir la contaminación del medio natural a través de la vigilancia y control de las actividades potencialmente degradantes y de la verificación de los niveles de contaminación.
- Fomentar conductas de respeto a la naturaleza y al medio ambiente.
- Denunciar las infracciones descubiertas ante las Autoridades competentes.
- Efectuar las averiguaciones necesarias encaminadas al esclarecimiento de los ilícitos penales y administrativos relacionados con esta materia y al descubrimiento de sus autores.

## Estructura, relaciones y dependencias de las unidades del SEPRONA

Para el cumplimiento de la misión encomendada, el SEPRONA se articula en:

- Órgano Central, constituido por:
  - Jefatura del Servicio.
  - Unidad Central Operativa Medioambiental (UCOMA).
- Unidades de Protección de la Naturaleza en la organización periférica.

A la Jefatura del Servicio de Protección de la Naturaleza, le corresponde organizar y gestionar



Figura 2. Patrulla Motorizada Todo Terreno.

todo lo relativo con el cumplimiento de las disposiciones relacionadas con la conservación de la naturaleza y el medio ambiente, los espacios protegidos, los recursos hidráulicos, la caza y la pesca, el patrimonio histórico y la ordenación del territorio.

La Unidad Central Operativa Medioambiental (UCOMA) tiene como misión la realización o dirección, en el ámbito de las funciones propias de la especialidad, de las operaciones que rebasen la demarcación de una comunidad autónoma, las que supongan la aplicación de procedimientos o técnicas complejas y aquellas que expresamente le sean encomendadas. Depende directamente de la Jefatura del Servicio, única facultada para asignarle misiones concretas.

Las Unidades de Protección de la Naturaleza en la organización periférica vertebran su despliegue sobre el de las unidades territoriales de la Guardia Civil:

- En las zonas (Jefatura a nivel de comunidad autónoma), se asigna un Oficial de la Sección de Operaciones de la Plana Mayor para inspeccionar las Unidades de la Especialidad y coordinar las operaciones que se le encomienden, estudiar, compilar y difundir las normas emanadas por la comunidad autónoma y mantener los contactos y relaciones de cooperación y coordinación necesarias con otras instituciones, organismos y unidades con competencias en esta materia.
- En las Comandancias (Jefaturas provinciales), existe una Sección de Protección de la Naturaleza, constituida por la Oficina Técnica y los Equipos de Protección de la Naturaleza. Depende orgánica y funcionalmente del jefe de la Comandancia y técnicamente de la Jefatura del Servicio. En cada Sección se integra, al menos, un Equipo de Protección de la Naturaleza (EPRONA)



Figura 3. Trabajos de investigación.



Figura 4. Trabajos de investigación.



Figura 5. Patrulla Motorizada Todo Terreno.

que constituye el órgano técnico para la detección, cuantificación e investigación de las agresiones graves al medio natural y de apoyo a las patrullas en la confección de atestados, actas y denuncias.

- En las Compañías (desplegadas en comarcas naturales o partidos judiciales), existe generalmente una Patrulla Motorizada Todo Terreno (figuras 1 y 2).

– Constituyen las Unidades operativas básicas de vigilancia y protección del medio natural de un territorio, susceptible de desdoblarse para la ejecución del servicio.

– Dependen orgánica y funcionalmente del Mando de la Compañía, en cuya demarcación se ubican, y técnicamente de la Jefatura del Servicio.

- En determinados espacios protegidos se han establecido Destacamentos de Protección de la Naturaleza (DEPRONA) para atender expresamente a su vigilancia y salvaguardia. Atendiendo a sus circunstancias particulares se determina su composición, ámbito de actuación y relaciones de dependencia.

Los distintos escalones del Servicio de Protección de la Naturaleza han de procurar una relación de máxima colaboración con las diversas Administraciones Públicas competentes en el desempeño de su misión específica, fomentando acuerdos de colaboración y la realización de cursos sobre temas específicos de cada una de ellas.

### Personal y formación específica

Los efectivos destinados en el Servicio de Protección de la Naturaleza, en su condición de guardias civiles, tiene todas las facultades y obligaciones inherentes a éstos y, consecuentemente, también se les pueden asignar cometidos derivados de la misión genérica encomendada a la Guardia Civil. Para el acceso a la especialidad y la permanencia en destinos del SEPRONA son requisitos imprescindibles la posesión de la titulación habilitante y la acreditación permanente de la aptitud física, psíquica y técnica determinada para cada puesto de servicio.

El ejercicio del mando y la prestación de servicio operativo en las Unidades funcionales de Protección de la Naturaleza requieren estar en posesión de la siguiente titulación expedida por la Escuela de Especialización de la Guardia Civil:

- Diploma de Especialista en Protección de la Naturaleza para Equipos.
- Diploma de Especialista en Protección de la Naturaleza para Patrullas.

Los especialistas de Equipos reciben una formación orientada a la investigación (figuras 3 y 4) y



Figura 6. Instrumentación para la investigación.



Figura 7. Un guardia civil muestrea las aguas fluviales.

los de Patrullas a la prevención además de la habilitación como motoristas todo terreno (figura 5). A los cursos se accede por concurso oposición y el tiempo mínimo de permanencia en los puestos de servicio de la especialidad es de cinco años. La falta de idoneidad para el ejercicio de los cometidos propios de la especialidad, declarada como resultado de expediente instruido, supone la baja en la misma.

### Áreas de actuación del SEPRONA

Si tecleamos el acrónimo SEPRONA en cualquier buscador de noticias de la red, nos encontraremos con alrededor de 300 entradas tan variadas como éstas que hemos entresacado de las correspondientes una fecha reciente:

- “Intervenidas 44 toneladas de piñas de procedencia ilegal en Valladolid. La patrulla del SEPRONA de Peñafiel y Unidades Territoriales desmantelan un punto de compraventa ilegal de piñones...”



Figura 8. Una patrulla muestrea las aguas de un río.



Figura 9. Miembro de una patrulla alimenta a los cervatillos.

- “Denuncian ante el SEPRONA el expolio perpetrado en un enterramiento de la comarca del Aljarafe...”
- “Sanción a la mina. Según informó el SEPRONA, el complejo minero —que explota la mayor mina a cielo abierto de Europa—, superó en momentos puntuales los límites establecidos en cuanto al PH...”
- “El SEPRONA de la Guardia Civil de Zamora imputa a cinco personas por la práctica furtiva...”
- “Decomisan 480 kilos de merluza de talla anti-reglamentaria en Sanlúcar. Una inspección coordinada entre el MARM, la Junta de Andalucía y el SEPRONA...”
- “2.000 estafados por una falsa empresa de publicidad. Los agentes del SEPRONA han detenido al máximo responsable de esta organización y han imputado un delito de...”
- “La Guardia Civil interviene 21 armas de fuego. Agentes de la Patrulla del SEPRONA de la localidad sevillana de El Ronquillo han realizado un operativo contra el furtivismo...”
- “Tres detenidos por otro vertido al río Guadaira. Agentes del SEPRONA de Morón de la Frontera (...) por verter aderezo de aceitunas de su fábrica...”
- “El SEPRONA interviene diez toneladas de melva y pulpo...”



Figura 10. Una patrulla atiende a la fauna.



Figura 11. Una patrulla equipada para alta montaña.



Figura 12. Un todo terreno en condiciones de fuerte nevada.

• “Un aliviadero vierte aguas fecales a un arroyo que atraviesa el (...). El SEPRONA ha iniciado este viernes diligencias...”

Esto puede dar una idea aproximada de la variedad de campos en los que intervienen los especialistas en sus servicios rutinarios de prevención, de investigación y de información a los



Figura 13. Una patrulla actuando sobre el patrimonio arqueológico.

ciudadanos. A efectos estadísticos y de elaboración de información se han agrupado en los siguientes conceptos:

- Contaminación atmosférica, acústica, hídrica y de suelos (figuras 6, 7 y 8).
- Residuos urbanos, peligrosos, clínicos, industriales, etc.
- Sanidad animal y vegetal y calidad alimentaria (figuras 9 y 10).
- Comercio ilegal de especies protegidas de flora y fauna salvaje.
- Animales domésticos y salvajes.
- Actividades cinegéticas.
- Pesca continental y marítima.
- Espacios naturales, costas y playas.
- Turismo, ocio y deportes al aire libre (figuras 11 y 12).
- Transporte y comercio de pescado de talla no reglamentaria (PACIAP).

- Dominios Públicos Hidráulico y Marítimo-Terrestre.
- Patrimonio Histórico Español: yacimientos arqueológicos (figura 13).
- Incendios forestales: prevención, extinción e investigación.
- Relaciones con organismos medioambientales.
- Otros.

En resumen: los 1.800 hombres y mujeres del SEPRONA recorren unos 40.000 km cada día sobre 495 vehículos y 1.100 motocicletas T/T y, también cada día, intervienen en un promedio de 12 delitos, denuncian 372 infracciones administrativas y emiten 80 informes a distintas autoridades, todo ello sólo en actuaciones relacionadas con su misión específica. Su auténtica vocación por esta especialidad les obliga al estudio permanente de leyes y reglamentos de ámbito europeo, nacional y autonómico, bandos, órdenes, circulares, etc. En fin... innumerables disposiciones que han de conocer y aplicar en su servicio diario. A ese trabajo intelectual hay que unir también el riesgo y penosidad de su servicio, pues, sin parar en barreras naturales, acuden a los lugares más recónditos siempre que su presencia es necesaria.

Constituyen la primera policía ecológica creada en Europa, el modelo de referencia para otros países de nuestro entorno y, en cierto sentido, son los auténticos herederos del espíritu de aquellos guardias civiles rurales de capa y mosquetón, que recorrían con paso lento y callado cada palmo de su demarcación, y no daban descanso a quienes no respetaban la Ley.

Pero la eficacia del SEPRONA no sería la misma si no formara parte de la Guardia Civil, pues ello le permite constituir una policía medioambiental integral que extiende su presencia por tierra, mar y aire, que cuenta con el apoyo inmediato de las Unidades territoriales y otras Especialidades del Cuerpo lo que da fiabilidad y continuidad a sus investigaciones a nivel nacional e internacional y todo ello en beneficio de cualquier administración (central, autonómica, local, justicia).

Si el SEPRONA no existiera habría que crearlo; afortunadamente sólo hay que potenciarlo y adaptarlo permanentemente a las nuevas necesidades.

### Agradecimientos

Agradecemos al Colegio Oficial de Geólogos su amable ofrecimiento para difundir entre sus colegiados la actividad y capacidades del SEPRONA de la Guardia Civil pues con ellos coincidimos frecuentemente en nuestro ámbito de actuación, compartimos el interés por la protección del patrimonio natural y todos hemos de contribuir a su conservación como hogar de todos los seres vivos y fuente de recursos naturales, claves para el desarrollo de la humanidad.

# Nueva Tabla de Clasificación de Efectos Arqueológicos de Terremotos

(Earthquake Archaeological Effects: EAE)

La adquisición de datos referentes a grandes terremotos que hayan afectado a la humanidad es fundamental para poder prevenir sus consecuencias en el futuro. Este hecho cobra mayor importancia en zonas en las que los periodos de retorno de los grandes terremotos exceden el registro instrumental y el histórico, como es el caso de la Península Ibérica. Este registro "perdido" se puede recuperar desde diferentes técnicas, como la paleosismología o la arqueosismología. Esta última estudia los efectos de los terremotos en los yacimientos arqueológicos, permitiendo abrir la ventana temporal de observación sísmica desde que en una determinada zona haya habido ocupación humana y disponga de registro arqueológico. Además, cuenta con un importante valor añadido, la conservación de nuestro patrimonio cultural.

**TEXTO** | Dr. M. A. Rodríguez-Pascua<sup>1</sup>; Dr. R. Pérez-López<sup>2</sup>; Dr. J. L. Giner-Robles<sup>2</sup>; Dr. P. G. Silva<sup>3</sup>; Dr. V. H. Garduño-Monroy<sup>4</sup>; Dr. K. Reicherter<sup>5</sup>

Palabras clave  
**Arqueosismología, registro sísmico, patrimonio cultural, terremotos**

La arqueosismología estudia terremotos del pasado mediante el análisis de yacimientos arqueológicos, aportando datos inéditos sobre sismos no registrados históricamente. En los últimos años, la arqueosismología ha pasado de ser un modismo a una disciplina conocida en el ámbito del estudio de los terremotos. Este hecho es fundamentalmente debido a la necesidad de completar los catálogos sísmicos en relación a grandes terremotos, especialmente en zonas donde los periodos de retorno son muy altos, como en el caso de la Península Ibérica. La combinación con otras técnicas como la paleosismología no sólo otorgan un gran interés a la arqueosismología en relación al registro sísmico, sino también a la conservación del patrimonio. El rango temporal que abarca la arqueosismología depende de la zona en la que nos encontremos, sobre todo es útil desde la aparición de las primeras construcciones humanas susceptibles de ser afectadas por terremotos, aunque también se han registrado en ocasiones colapsos en cuevas atrapando *Homo sapiens* o neandertales, por lo que el registro podría irse hasta el Pleistoceno. En el caso de España, el registro puede abarcar hasta la Edad del Bronce, pero para ser utilizado con ciertas garantías tendríamos que ir hasta la romanización (siglo III a.C.) (figura 1).

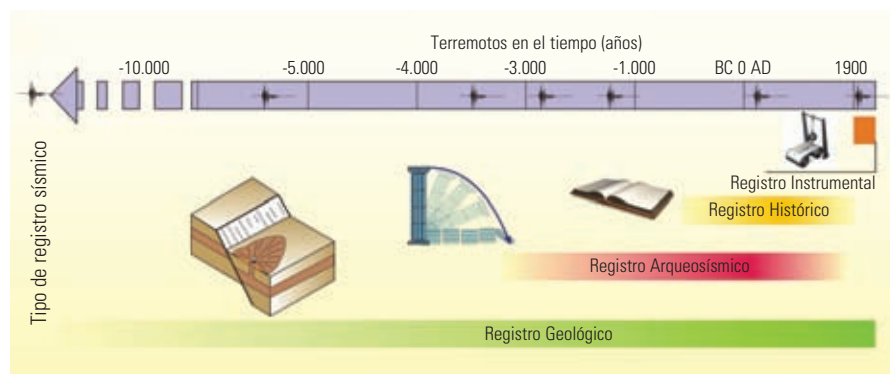


Figura 1. Esquema cronológico en el que se pueden ver los intervalos temporales abarcados por las diferentes disciplinas que pueden registrar terremotos para su inclusión en los catálogos sísmicos.

Los diferentes esfuerzos realizados por múltiples autores desde los años ochenta (Rapp, 1982; Zang *et al.*, 1986; Stiros, 1988a y b; Nikonov, 1988; Guidoboni, 1989) han hecho que esta ciencia multidisciplinar sea conocida en el ámbito de la sismología y comience a ser tenida en cuenta, aunque otros autores ya habían introducido con anterioridad las causas sísmicas en las interpretaciones arqueológicas (Lanciani, 1918). Cuando en los años noventa se realiza una recopilación del estado del conocimiento llevada a cabo por Stiros y Jones (1996), coinciden tanto en la necesidad de la colaboración multidisciplinar entre arqueología,

sismología, geología, ingeniería, arquitectura e historia, así como, en preguntarse: ¿Qué criterios son necesarios para identificar efectos sísmicos en un yacimiento arqueológico? La primera afirmación está ampliamente aceptada y el trabajo multidisciplinar es absolutamente necesario para poder avanzar en el estado del conocimiento en arqueosismología. En cuanto a los criterios a tener en cuenta para discriminar el origen sísmico de las deformaciones encontradas en un yacimiento arqueológico aún no están resueltos. Éste es uno de los objetivos principales planteados por el grupo español de trabajo del IGCP 567

<sup>1</sup> Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos. Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas, 23, 28003-Madrid. España. ma.rodriguez@igme.es, r.perez@igme.es

<sup>2</sup> Dpto. Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Cantoblanco. Tres Cantos. Madrid. España. jorge.giner@uam.es

<sup>3</sup> Dpto. Geología. Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila, 05003-Ávila. España. pgsilva@usal.es

<sup>4</sup> Universidad Michoacana. Morelia. Michoacán, 58060-México. vgmonroy@zeus.umich.mx

<sup>5</sup> Lehr- und Forschungsgebiet Neotektonik und Georisiken. RWTH Aachen University.

Lochnerstr. 4-20. 52056 Aachen. Alemania. k.reicherter@nug.rwthachen.de

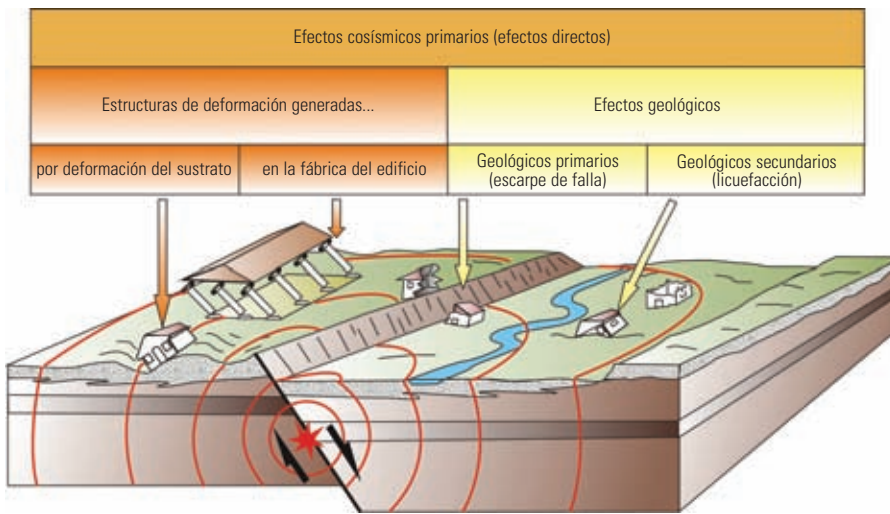


Figura 2. Diagrama de distribución de efectos de terremotos en yacimientos arqueológicos.

## El grupo español de trabajo presenta la primera tabla de Clasificación de Efectos Arqueológicos de Terremotos en el Primer Workshop Internacional en Arqueosismología y Paleosismología

(*Archaeoseismology along the Alpine-Himalayan seismic zone*): poder llegar a establecer una metodología reglada en arqueosismología. En este sentido, han surgido trabajos como el de Sintubin *et al.* (2008) en el que proponen una metodología con estructura de árbol lógico para cuantificar un factor de potencial arqueosísmico de un yacimiento arqueológico. Pero no hay metodologías regladas para discriminar los efectos sísmicos de otro tipo de agentes destructivos. Por este motivo, el grupo español de trabajo presenta la primera tabla de Clasificación de Efectos Arqueológicos de Terremotos (conocida en la actualidad como EAE de su acrónimo en inglés: Earthquake Archaeological Effects) (Rodríguez Pascua *et al.*, 2009 y 2011) en el Primer Workshop Internacional en Arqueosismología y Paleosismología, celebrado en el yacimiento arqueológico de la ciudad romana de Baelo Claudia (Cádiz), en septiembre de 2009. El segundo *workshop* se celebrará en el golfo de Corinto, en 2011 ([www.paleoseismicity.org](http://www.paleoseismicity.org)), y, en 2012, en Morelia (México), con motivo de la conmemoración del destructivo terremoto intraplaca de Acambay de 1912.

### Tabla de Clasificación de Efectos Arqueológicos de Terremotos

(*Earthquake Archaeological Effects: EAE*)

El principal interés en la caracterización de los Efectos Arqueológicos de Terremotos (EAE) es el reconocimiento de daños producidos por

terremoto en yacimientos arqueológicos. Estas deformaciones se producen durante el terremoto, y son deformaciones cosísmicas (primarias o efectos directos) que pueden estar asociadas, tanto a efectos producidos por estructuras geológicas (como la ruptura superficial de una falla), como a daños producidos directamente en la fábrica de los edificios (*figura 2*). Otro tipo de pruebas son las que se generan después del terremoto, postsísmicas, y que son consideradas como secundarias o efectos indirectos. Las segundas no son menos importantes que las primeras, tan sólo se trata de una clasificación; de hecho en algunos casos, "abandonos injustificados" de ciudades en la antigüedad (considerados evidencias secundarias) nos pueden poner sobre la pista de posibles terremotos catastróficos.

Las deformaciones producidas en un conjunto urbano van a estar condicionadas por el mecanismo disparador que las generó. El colapso de un muro puede ser producido tanto por un terremoto como por una explosión, por ejemplo, pero, ¿cómo podríamos diferenciarlas? Las deformaciones producidas por un terremoto van a estar condicionadas por la orientación de la llegada del rayo sísmico, mientras que una explosión generaría el colapso indiscriminado y radial de las estructuras que lo rodeasen. De este modo, si pudiésemos ver la ciudad de Tenochtitlan después de la entrada de Hernán Cortés utilizando la artillería, no podríamos encontrar ningún patrón de deformación que se ajustase a

una orientación en concreto, sino que las deformaciones producidas no estarían orientadas. Sin embargo, la llegada de una onda sísmica sí que produce un primer impulso en una determinada orientación, la cual va a condicionar la disposición de las deformaciones. Nosotros proponemos un problema inverso, en el que mediante las deformaciones observadas se puedan calcular las orientaciones del elipsoide de deformación producido por el terremoto en la construcción antigua. La orientación de los ejes de deformación de las diferentes estructuras estudiadas debería ser similar si hubiesen estado generadas por un único efecto; en este caso, la llegada de la onda sísmica. En caso contrario, encontraremos una fuerte dispersión en los ejes de los diferentes elipsoides calculados, como sería el caso de estudiar las diferentes explosiones generadas por impactos de artillería en una ciudad devastada. Antes de estudiar las estructuras una a una también proponemos su clasificación según la EAE (*figura 3*) (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2009), con el fin de reglar su estudio posterior.

Las técnicas clásicas de análisis estructural geológico se muestran como herramientas adecuadas para el cálculo de los elipsoides de deformación de origen sísmico que se extraen de las deformaciones halladas en yacimientos arqueológicos (Giner-Robles *et al.*, 2009). Hemos elegido el incomparable marco del yacimiento arqueológico de la antigua ciudad romana de Baelo Claudia para testar esta metodología, ya que es el primer yacimiento arqueológico en España trabajado desde un punto de vista arqueosismológico (Silva *et al.*, 2005; 2009). La riqueza y variedad de estructuras de deformación en este yacimiento ha hecho que lo utilizemos como laboratorio inicial para la aplicación de técnicas de análisis estructural geológico. El otro yacimiento estudiado en España es El Tolmo de Minateda, en Albacete, del que se han podido extraer diferentes terremotos no registrados históricamente, uno de ellos de época romana (Rodríguez Pascua *et al.*, 2010).

A continuación pasaremos a ver algunos ejemplos de estas deformaciones clasificadas según los EAE en diferentes yacimientos arqueológicos, como: Baelo Claudia (Cádiz, España), El Tolmo de Minateda (Albacete, España), Teotihuacan (México), Tzintzuntzan (México) o Atenas (Grecia), entre otros.

### Efectos geológicos de terremotos en yacimientos arqueológicos (efectos directos: cosísmicos)

Estos efectos están bien descritos en la escala ambiental de efectos geológicos de terremotos ESI-2007 (Michetti *et al.*, 2007). Esta escala diferencia efectos primarios como: escarpes de falla, rupturas cosísmicas superficiales, subsidencias

EFECTOS ARQUEOLÓGICOS DE TERREMOTOS (EAE)		
I. EFECTOS COSÍSMICOS PRIMARIOS (EFECTOS DIRECTOS)	EFECTOS GEOLÓGICOS	<p>Efectos geológicos primarios</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Escarpes de falla</li> <li>Levantamientos / hundimientos</li> </ul> <p>Efectos geológicos secundarios</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Licuefacciones y diques de arena</li> <li>Deslizamientos</li> <li>Caída de bloques</li> <li>Tsunamis / Seiches</li> <li>Colapsos en cavidades</li> </ul>
	EFECTOS EN LA FÁBRICA DE EDIFICIOS	<p>Estructuras de deformación generadas por deformación del sustrato</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pavimentos de argamasa plegados</li> <li>Fracturas y pliegues en enlosados regulares</li> <li>Fracturas y pliegues en enlosados irregulares</li> <li>Impactos entre el enlosado</li> <li>Contrafuertes desplazados y girados</li> <li>Muros basculados</li> <li>Muros desplazados</li> <li>Muros plegados</li> </ul> <p>Estructuras de deformación generadas en la fábrica del edificio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fracturas penetrativas en bloques de sillería</li> <li>Fracturas conjugadas en muros de estuco o ladrillo</li> <li>Columnas caídas y orientadas</li> <li>Giros en bloques de sillería y columnas</li> <li>Bloques de sillares desplazados</li> <li>Claves de arco desplazadas</li> <li>Escalones y líneas de bordillo plegadas</li> <li>Muros colapsados (incluyendo restos humanos y objetos de valor bajo los escombros)</li> <li>Bóvedas colapsadas</li> <li>Marcas de impacto</li> <li>Cerámica aplastada</li> <li>Esquinas fracturadas</li> </ul>
II. EFECTOS 2º POSTSÍSMICOS (EFECTOS INDIRECTOS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incendios</li> <li>Reparación de construcciones</li> <li>Elementos de reciclado anómalos</li> <li>Abandonos injustificados</li> <li>Falta de registro estratográfico en la secuencia arqueológica</li> <li>Avenida súbita por roturas de presas artificiales embalsamientos naturales</li> <li>Construcciones antisísmicas</li> </ul>	

Los efectos geológicos más abundantes son los secundarios, como las licuefacciones, deslizamientos o caída de bloques

y levantamientos tectónicos. También distingue efectos secundarios como: licuefacciones, deslizamientos, tsunamis, etc. En la escala EAE se han considerado efectos primarios tanto los escarpes de falla afectando directamente a construcciones, como las subsidencias y elevaciones tectónicas. Pero los efectos geológicos más abundantes son los secundarios, como puedan ser las licuefacciones, deslizamientos o caída de bloques.

Podemos observar uno de estos ejemplos geológicos en El Tolmo de Minateda; este yacimiento es Parque Arqueológico de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha debido a su importancia en la calidad del registro y los restos existentes. El terremoto de Lisboa de 1755 afectó a este yacimiento, produciendo una importante caída de bloques de roca en su límite sur, en los que se pueden ver restos de tumbas antropomórficas de época visigoda (*figura 4*). En este yacimiento se han podido identificar al menos otros dos terremotos más (Rodríguez-Pascua *et al.*, 2010). También es posible observar la devastación que generó el terremoto de Lisboa en Conilete (Cádiz) como consecuencia del tsunami que produjo (*figura 5*), donde aún es posible observar los restos del antiguo pueblo de pescadores que no volvió a ser ocupado después de la catástrofe.

#### Efectos de terremotos en la fábrica de las construcciones de yacimientos arqueológicos (efectos directos: cosísmicos)

Estos efectos están representados por los daños directos a la estructura del edificio, asociados tanto a la llegada de la onda como a posibles deformaciones del sustrato donde se asientan y que afectan fundamentalmente a la cimentación de las mismas, con un reflejo claro en el resto de la estructura. En muchos casos, las deformaciones que nos pueden dar información no están asociadas a construcciones de edificios, sino a otras estructuras como pavimentos, que se ven afectadas de forma importante por los terremotos. En la ciudad romana de Baelo Claudia hay

Figura 3. Tabla de Clasificación de los Efectos Arqueológicos de Terremotos (Earthquake Archaeological Effects: EAE).



Figura 4. Caída de bloques de roca en el Parque Arqueológico de El Tolmo de Minateda (Albacete, España), como consecuencia del terremoto de Lisboa de 1755. Nótase la presencia de tumbas antropomórficas en los bloques caídos, cuya posición original estaba en la parte superior del yacimiento.



Figura 5. Restos del pueblo pesquero de Conilete (Cádiz, España), arrasado por el tsunami que generó el terremoto de Lisboa de 1755.



Figura 6. Pliegues asimétricos en: A) enlosado del teatro de la ciudad romana de Baelo Claudia (Cádiz, España) y B) enlosado de la acera de la calle Dolores en su confluencia con Independencia en México DF, estos pliegues fueron generados por el devastador terremoto de Michoacán de 1985. (Garduño-Monroy, comunicación personal.)

interesantes ejemplos de enlosados (con estructura regular e irregular), así como pavimentos de mortero plegados de forma sistemática con la misma orientación. Los ejes de los pliegues se dispondrían perpendiculares a la dirección de la llegada del rayo sísmico. En la figura 6 se pueden ver pliegues en el enlosado del teatro, deformaciones muy similares a las que produjo el devastador terremoto de Michoacán de 1985. Ésta es una de las cuestiones fundamentales, el principio del actualismo, estudiar las características de las deformaciones asociadas a terremotos instrumentales, de los cuales disponemos de todos los datos posibles y extrapolarlas al pasado arqueológico. Es decir, se trata de un problema inverso, tenemos la estructura de deformación y hay que obtener el tensor de deformación.

En cuanto a los efectos en las construcciones, una de las deformaciones más comunes son los basculamientos de muros, e incluso el colapso orientado de éstos. Como en el caso anterior, hemos podido comparar este tipo de efectos en la ciudad romana de Baelo Claudia y en México DF (figura 7). En este caso se puede identificar tanto la dirección como el sentido de la llegada de la primera onda. El muro quedaría basculado en sentido contrario a la llegada del rayo sísmico, teniendo una incertidumbre de  $180^\circ$  en la dirección, pero si tenemos muros en distintas orientaciones podríamos hacer un tratamiento estadístico que reduciría esta incertidumbre considerablemente. Por ejemplo, con dos muros perpendiculares entre sí, la incertidumbre se reduciría a la mitad,  $90^\circ$ .

Uno de los ejemplos más emblemáticos por su espectacularidad son las columnas caídas y orientadas. La caída de las mismas respondería al mismo

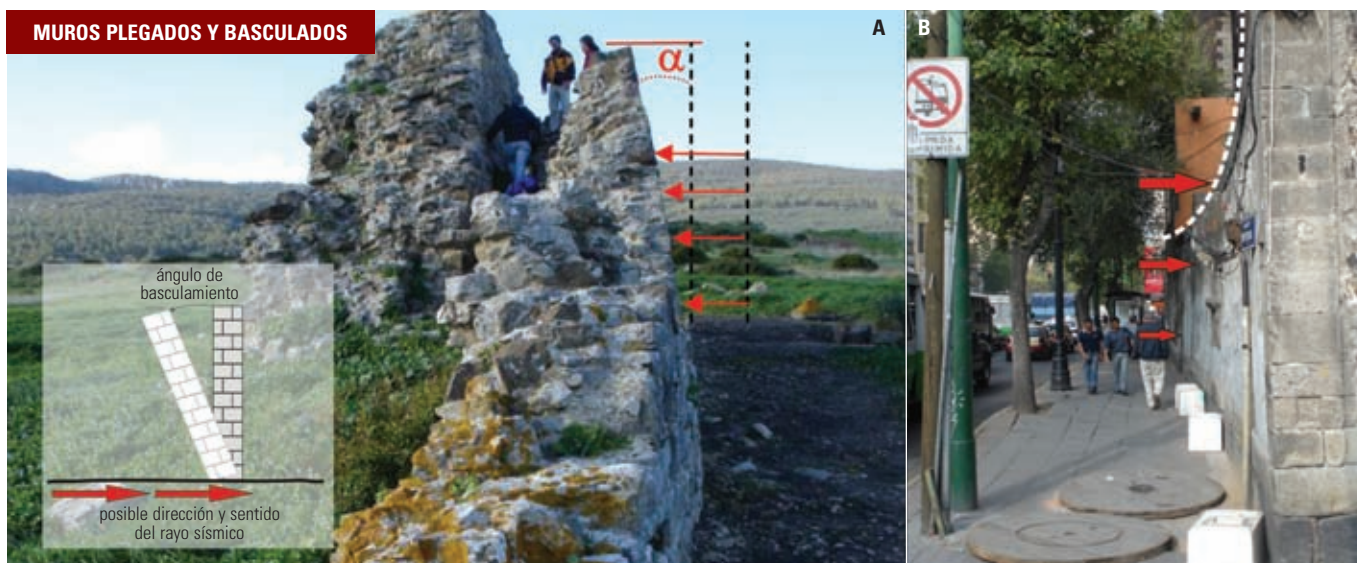


Figura 7. Muros basculados y plegados en: A) muralla defensiva de la ciudad romana de Baelo Claudia (Cádiz, España) y B) tapia del patio de la iglesia de San Miguel Arcángel en México DF; estos pliegues fueron generados por el devastador terremoto de Michoacán de 1985.

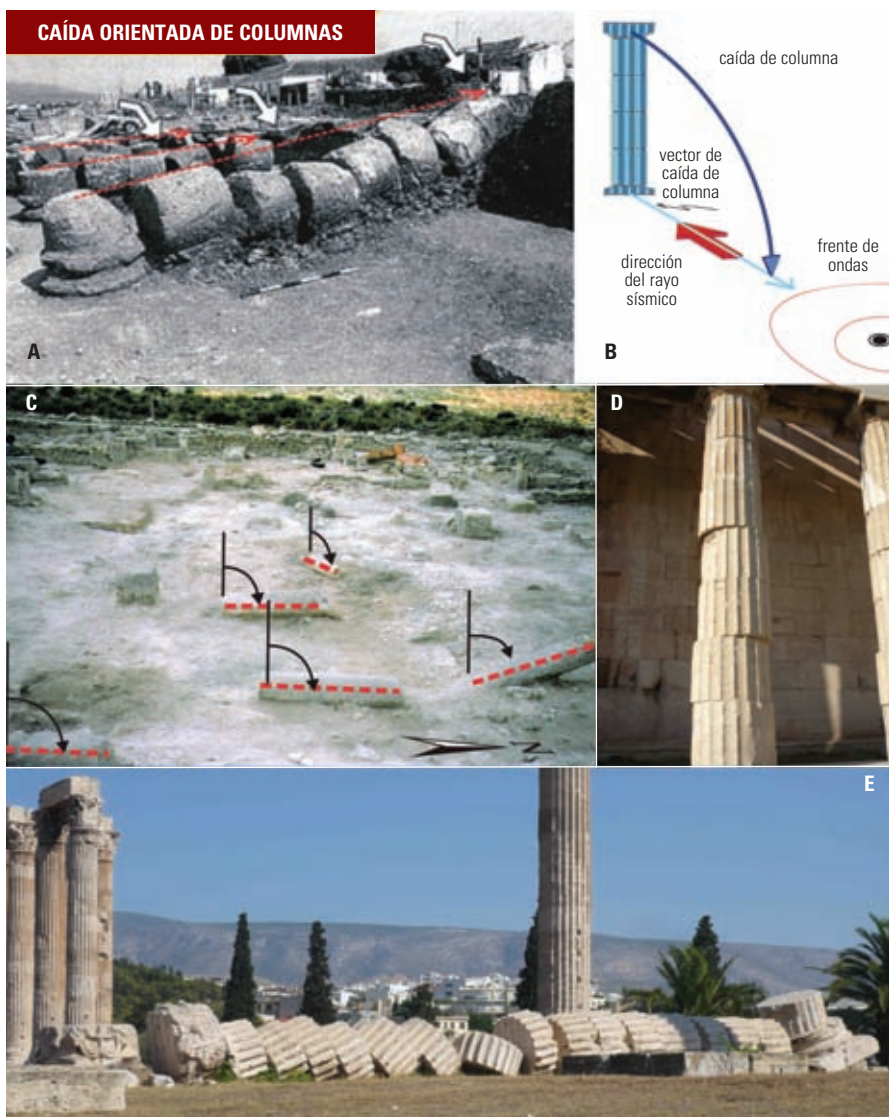


Figura 8. Columnas caídas orientadas como consecuencia de la llegada del rayo sísmico en una determinada dirección y sentido de movimiento: A) columnas caídas en el foro de la ciudad romana de Baelo Claudia (Cádiz, España); B) esquema representativo de la caída de columnas orientadas según la dirección de llegada del rayo sísmico y en sentido contrario a la llegada del mismo; C) columnas orientadas en la basílica visigoda de El Tolmo de Minateda (Albacete, España); D) tambores de columna desplazados en el templo de Zeus (Atenas, Grecia) (fotografía cedida por Virginia Ruiz Villanueva); E) columna orientada en el templo de Hefesto en el ágora ateniense (Atenas, Grecia) (fotografía cedida por Virginia Ruiz Villanueva).

principio de los muros, pero en este caso la incertidumbre en cuanto a la llegada de la onda se reduce, ya que el eje de la columna caída nos marca directamente la dirección. El sentido de caída sería inverso a la dirección del rayo sísmico (figura 8). En algunos casos también se pueden obtener vectores de desplazamiento con los tambores que forman las columnas, los cuales quedan desplazados e incluso girados (figura 8D). Estos giros también se pueden dar en otras estructuras compuestas por bloques apilados verticalmente como las columnas y los pináculos ornamentales que se pueden observar en algunas catedrales. Nuevamente el terremoto de Lisboa nos ofrece buenos ejemplos de bloques girados en pináculos, como es el caso de la Catedral de Coria (Cáceres, España) (figura 9). Estas deformaciones, entre muchas otras, fueron documentadas por el deán de la catedral después del terremoto.

Los sólidos bloques de sillería de las construcciones de la antigüedad también se ven afectados de diferentes formas, ya que la gran mayoría de edificaciones antiguas estaban diseñadas para aguantar cargas en la vertical y no para evitar movimientos de cizalla horizontales que se pueden producir durante un terremoto. Estos movimientos de cizalla producen desplazamientos horizontales entre bloques de sillería de muros, generando en algunos casos la génesis de "huecos" entre las juntas de los bloques. Pero no solamente hay bloques de sillería en muros, sino que se pueden encontrar en escalinatas y bordillos. En la ciudad romana de Baelo Claudia hay buenos ejemplos de escalinatas y bordillos plegados, junto con los pavimentos que dan acceso a dichas escaleras (figura 10A). En el caso de que el movimiento sea lo suficientemente importante se pueden producir "extrusiones" de los bloques de sillería fuera de las escalinatas. Un buen ejemplo es la escalinata de la pirámide de Quetzalcoatl en la ciudadela de Teotihuacan



Figura 9. Tambores de pináculos girados en la catedral de Coria (Cáceres, España) como consecuencia del terremoto de Lisboa de 1755.

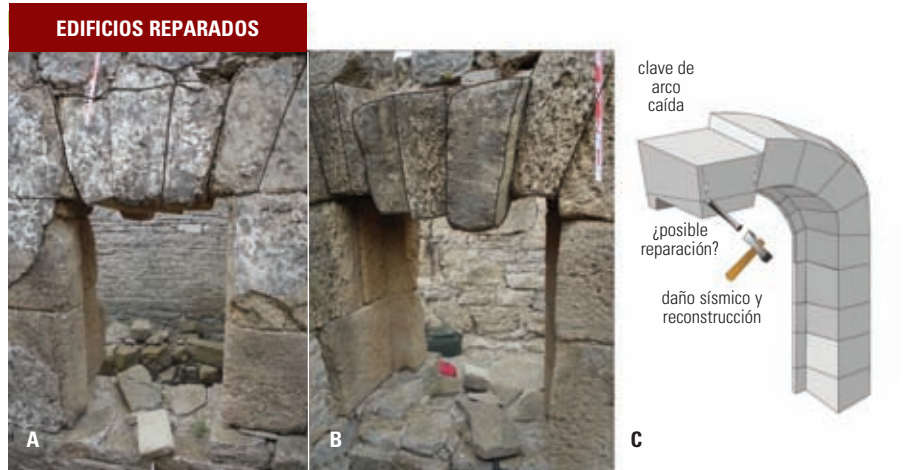


Figura 10. Escalones plegados en: A) escaleras de acceso al foro de la ciudad romana de Baelo Claudia (Cádiz, España) y B) escalones deformados y "extruídos" en la escalinata de la pirámide de Quetzalcoatl en la ciudadela de Teotihuacan (México).

Figura 11. Reconstrucción y reparación de estructuras tras un terremoto, ejemplo de una ventana del foro de la ciudad romana de Baelo Claudia (Cádiz, España): A) cara externa de la ventana reparada; B) cara interna sin reparar; C) esquema de la reparación realizada. Engatillados utilizados como estructuras de construcción antisísmica en: D) Pirámide de Quetzalcoatl en la ciudadela de Teotihuacan (México); E) pirámides circulares (yácatas) de la ciudad purépecha de Tzintzuntzan (Michoacán, México) y F) arco islámico de la Puerta de Sevilla en la muralla defensiva de Carmona (Sevilla, España).

(México). Esta pirámide fue reconstruida después del terremoto quedando la escalinata antigua "fossilizada" por la nueva construcción que repara la primera (figura 10B).

**Efectos postsísmicos secundarios en yacimientos arqueológicos (efectos indirectos)**

Éstos son los efectos posteriores a la ocurrencia del terremoto y que por eso se clasifican como

secundarios. La falta de registro arqueológico en ciudades que han tenido ocupaciones durante largos periodos temporales da idea de eventos puntuales importantes que hicieron que estas ciudades pudiesen haber sido abandonadas (abandonos injustificados), por catástrofes naturales, guerras, etc. Otro ejemplo muy común es la presencia de grandes incendios, ya que el colapso de las techumbres inflamables de las construcciones sobre los hogares de las casas producía

importantes incendios, como por ejemplo el incendio de Lisboa después del terremoto de 1755. Uno de las evidencias más utilizadas son las reconstrucciones/reparaciones (figura 11A, B y C) o las construcciones antisísmicas. Estas últimas denotan una preocupación por parte de los constructores para evitar el colapso de estructuras por cargas horizontales, por lo que la zona habría sido afectada por terremotos con anterioridad. Uno de los elementos constructivos

antisísmicos más utilizados en la antigüedad son los engatillados, que impiden el desplazamiento horizontal entre bloques de sillaría, tanto en muros como en arcos (*figura 11D, E y F*).

### Discusión y conclusiones

Todas las estructuras de deformación que hemos visto con anterioridad pueden ser generadas por causas no sísmicas, por lo que hay que ser muy cauteloso a la hora de la interpretación. Por este motivo, nadie puede visitar un yacimiento arqueológico, ver una única estructura y asignarla a un terremoto. Se trata, por un lado, de tener un compendio de estructuras de deformación que nos pudiesen indicar la presencia de un terremoto y, por otro, estudiar con técnicas de geología estructural estas deformaciones para determinar las trayectorias de deformación y que éstas sean congruentes entre sí. Además, este tipo de datos también deberían ser contrastados con otro tipo de técnicas como la paleosismología, que podría aportarnos datos sobre las características del terremoto y la falla que lo produjo.

La arqueosismología es una técnica multidisciplinar, en la que es básica la colaboración entre

## Esta disciplina cobra especial importancia en la conservación de nuestro patrimonio cultural, ya que nos ofrece información de cuál será su comportamiento ante un terremoto y nos permite tomar medidas en consecuencia

diferentes disciplinas, como puedan ser la arqueología, paleosismología, arquitectura, etc. Esto es básico para reducir al máximo las incertidumbres y poder extraer datos fiables. Esta disciplina aporta datos sobre grandes terremotos a los catálogos sísmicos, cubriendo un espacio temporal que no abarcaba la sismicidad histórica y que puede combinarse con la paleosismología. Pero, también cobra especial importancia en la conservación de nuestro patrimonio cultural, ya que nos ofrece información de cuál será su comportamiento ante un terremoto y nos permite tomar medidas en consecuencia. El Patrimonio de la

Humanidad del que disfrutamos en España debería considerarse como estructuras críticas en los mapas de riesgo sísmico, ya que la desaparición del mismo por un terremoto en un área determinada supondría la pérdida de una de las señas de identidad de un pueblo, por no hablar de las pérdidas económicas posteriores al terremoto, es decir, de sus efectos "postsísmicos". Por todo esto, la arqueosismología ha recibido un fuerte impulso en Europa en la última década, extendiéndose rápidamente hacia Asia y América, dejando de ser una disciplina emergente para verse completamente consolidada en la actualidad.

### Bibliografía

- Giner-Robles, J. L.; Rodríguez-Pascua, M. A.; Pérez-López, R.; Silva, P. G., Bardají, T.; Grützner, C. y Reicherter, K. (2009). *Structural Analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): Baelo Claudia Examples (Cádiz, south Spain)*. Instituto Geológico y Minero de España. 130 pp.
- Guidoboni, E. (1989). *I terremoti prima del Mille in Italia e nell'area Mediterranea: storia, archaeologia, sismologia*. Bologna. SGA-Instituto Nazionale di Geofisica.
- Lanciani, R. (1918). Segni di Terremoti negli edifizii di Roma Antica. *Bull. Della Comm. Arch. Comunale Roma*, 1-30.
- Michetti, A. M.; Audemard, F.; Azuma, T.; Clague, J.; Commerci, V.; Espósito, E.; Guerrieri, L.; Gürpınar, A.; McCalpin, J.; Mohammadioun, B.; Mörner, N. A.; Ota, Y.; Porfido, S.; Roghazin, E.; Serva, L.; Tatevosian, R. y Vittori, E. (2007). Intensity Scale ESI-2007. *Memorie Descrittive Della Carta Geologica D'Italia*, 74. APAT, SystemCart Srl, Roma, Italia.
- Nikonov, A. (1988). On the methodology of archaeoseismic research into historical monuments. In: *Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites* (G. Marinis y G. Koukis, eds.), Balkema, Rotterdam, 1325-1320.
- Rapp, G. (1982). Earthquakes in the Troad. In: *Troy: The archaeological Geology* (G. Rapp y J. A. Gifford, eds.), Princeton, 43-58.
- Rodríguez-Pascua, M. A.; Pérez-López, R.; Giner-Robles, J. L.; Silva, P.G., Garduño-Monroy, V. H. y Reicherter, K. (2009). A comprehensive classification of earthquake Archaeological Effects (EAE) for structural strain analysis in archaeoseismology. 1<sup>st</sup> INQUA-IGCP-567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology, Baelo Claudia, Spain.
- Rodríguez-Pascua, M. A.; Silva, P. G.; Garduño-Monroy, V. H.; Pérez-López, R.; Israde-Alcántara, I.; Giner-Robles, J. L.; Bischoff J. y Calvo, J. P. (2010). Ancient earthquakes from archaeoseismic evidence during the Visigothic and Islamic periods in the archaeological site of "Tolmo de Minateda" (SE of Spain). In: *Ancient Earthquakes* (M. Sintubin, I. S.; Stewart, T. M.; Niemi y E. Altunel, eds.). *Geological Society of America, Special Paper*, 471, 171-184.
- Rodríguez-Pascua, M. A.; Pérez-López, R.; Silva, P. G.; Giner-Robles, J. L.; Garduño-Monroy, V. H. y Reicherter, K. (2011) (in press). A Comprehensive Classification of Earthquake Archaeological Effects (EAE) for Archaeoseismology. *Quaternary International*.
- Sintubin, M. y Stewart, I. S. (2008). A Logical Methodology for Archaeoseismology: A Proof of Concept at the Archaeological Site of Sagalassos, Southwest Turkey. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 98 (5), 2209-2230.
- Silva, P. G.; Borja, F.; Zazo, C.; Goy, J. L.; Bardají, T.; De Luque, L., Lario J. y Dabrio, C. J. (2005). Archaeoseismic record at the ancient Roman City of Baelo Claudia (Cádiz, south Spain). *Tectonophysics*, 408 (1-4), 129-146.
- Silva, P.G.; Reicherter, K.; Grützner, Ch.; Bardají, T.; Lario, J.; Goy, J. L.; Zazo, C. y Becker-Heidmann, P. (2009). Surface and subsurface palaeoseismic records at the ancient Roman city of Baelo Claudia and the Bolonia Bay area, Cádiz (south Spain). *Geological Society of London, Special Publication*, 316, 93-121.
- Stiros, S. (1988a). Earthquake effects on Ancient Constructions. In: *New Aspect of Archaeological Science in Greece* (R. E. Jones y H. W. Catling, eds.). British Schools at Athens, Fitch Occasional Paper, 3, 1-6.
- Stiros, S. (1988b). Archaeology, a tool to study active tectonics – The Aegean as a case study. *Eos, Trans. Am. Geophys. Union*, 13, 1636-1639.
- Stiros, S. y Jones, R. E. (1996). *Archaeoseismology*. Institute of Geology and Mineral Exploration. Fitch Laboratory Occasional Paper. Stiros S. y Jones, R. E., eds., Atenas, 268 p.
- Zang, B.; Liao, Y.; Guo, S.; Wallace, R.; Buckham, R. y Hanks, T. (1986). Fault scarps related to the 1739 earthquake and seismicity of the Yinchuan graben, Ningxia Zizhiqu, China. *Bull. Soc. America*, 76, 1253-1287.

# Debate sobre morosidad en la sede de PIMEC en Barcelona

La sala de actos de PIMEC (Petita i Mitjana Empresa de Catalunya), en el céntrico Eixample de Barcelona, acogió el pasado 2 diciembre un debate sobre morosidad organizado por el Colegio Oficial de Geólogos y su recién estrenada plataforma Geólogos-e, que celebraba así su primer evento en la capital catalana.

En el acto intervinieron el único morosólogo del mundo, Pere J. Brachfield, el presidente del Colegio de Geólogos de Catalunya (ICOG), Joan Escuer, y el vocal de la Junta de Gobierno del Colegio y miembro de la Plataforma Geólogos-e, Carlos Calvo.

Bajo el título "Morosidad: prevención y recuperación de impagados", Brachfield fue el encargado de abrir el debate repasando la situación actual de las empresas, así como la normativa de morosidad existente. Durante su intervención, el experto en morosología explicó, ante la sorpresa de los asistentes, que la mitad de las empresas que se crean en España desaparece a los cuatro años y recordó que los impagos pueden suponer el fin de una compañía.

De hecho, a consecuencia de la crisis económica, el plazo medio de pago en España ha ascendido a 107 días, cuando años atrás era de

90, según explicó Brachfield, quien a lo largo de su carrera profesional ha impartido más de 400 conferencias y seminarios en todo el mundo.

A preguntas del público asistente al acto, el experto recomendó a los empresarios tomar las medidas necesarias para hacer frente a los impagos, entre las que citó conocer mejor al cliente y su salud financiera a través de informes jurídicos, comprobar las actividades que desarrolla la empresa y su domicilio social y pedir garantías económicas, como por ejemplo, avales.

En caso de que estas medidas previas no sean suficientes, Brachfield, uno de los mayores especialistas en *credit and collection management*, fue claro e instó a las empresas a no dejar pasar el tiempo y acudir a una empresa de recobros si han pasado más de 90 días. Si de este modo tampoco se consigue el objetivo, recomendó poner una demanda judicial.

Tras la intervención de Pere J. Brachfield, fue el turno del presidente del Colegio de Cataluña, Joan Escuer, quien tras agradecer al morosólogo su discurso, apuntó la morosidad como uno de los principales problemas de las empresas en la actualidad. Por ello, explicó que el Colegio decidió organizar un debate que pusiera sobre la mesa los

impagos a los que se enfrentan la mayoría de compañías desde que estalló la crisis, con una serie de recomendaciones para hacer frente a esta lacra.

En la misma línea se expresó Carlos Calvo, vocal de la Junta de Gobierno del Colegio y miembro de la Plataforma Geólogos-e, quien además detalló las actividades que llevará a cabo la nueva plataforma, dirigida sobre todo a Pymes y profesionales de la geología, y que abarcan reuniones presenciales, debates o conferencias, entre otras.

Antes de poner fin al debate, Calvo comentó que Geólogos-e nace con la finalidad de aglutinar a los geólogos que desarrollan su actividad como empresarios y profesionales libres para aportarles formación y los medios necesarios para incrementar su capacidad empresarial y profesional.

El acto concluyó con una charla distendida entre ponentes y asistentes, que pudieron intercambiar opiniones sobre el futuro de la profesión y los principales obstáculos a los que tienen que enfrentarse los profesionales en un momento económicamente tan difícil.

Agata Sala - Europa Press



De izquierda a derecha: Carlos Calvo, Joan Escuer y Pere J. Brachfield.

# Los áridos reciclados

Los residuos de construcción y demolición (escombros) son un posible material de construcción que tras un proceso de valorización se transforma en el árido reciclado. La calidad del producto original y de su proceso de fabricación, la calidad en el proceso de valorización y otros aspectos como el precio de venta final, la distancia al centro de consumo y su limpieza marcarán la salida de estos áridos reciclados al mercado.

TEXTO | Luis Fueyo. Fueyo Consultores. Geólogo

Palabras clave  
**Residuos, reciclaje, áridos**

El residuo de construcción y demolición, conocido habitualmente como RCD, es un residuo inerte formado por todos aquellos materiales procedentes de la deconstrucción o demolición de edificios, naves, estructuras civiles, etc. También se incluyen aquí, aunque hasta hace mucho no eran considerados propiamente RCD, las tierras de vaciados, desmontes y obras públicas.

La naturaleza de estos residuos puede ser de origen pétreo, entre los que se encuentran los de origen cerámico (ladrillos), pétreo (*sensu strictu*), hormigón y asfalto; y de origen no pétreo, como los voluminosos (colchones, mesas, electrodomésticos, etc.), plásticos, papel y cartón, madera, etc.

Tanto si el residuo que llega a la planta es de una única naturaleza como si es una mezcla de varios o de todos, se consideran RCD. Posteriormente, se clasificarán los materiales en homogéneos, no mezclados o limpios, si su naturaleza es de origen pétreo; y en heterogéneos, mezclados o sucios, cuando hay una mezcla de pétreos y no pétreos. Dicha clasificación es fundamental para tratarlos de forma diferente y así optimizar los procesos de valorización.

Los RCD que se reciben en una planta de tratamiento son considerados RCD inertes, lo cual no quiere decir que a la planta no puedan llegar otro tipo de materiales mezclados con los RCD, que en muchos casos pueden ser altamente peligrosos. Así, residuos como baterías, fibrocementos, pinturas, disolventes, etc., deben ser retirados previamente y almacenados en un lugar cerrado hasta su recogida por el correspondiente gestor autorizado.

Por poner un ejemplo, un contenedor de obra de los utilizados habitualmente en las reformas domiciliarias recibido en una planta de valorización de RCD tiene un 80% de productos de origen pétreo y un 20% de productos mixtos de la construcción. Entre los primeros se encuentra un 17% de hormigón, un 4% de tierras y piedras, un 54% de cerámicos y un 5% de asfalto. Entre los mixtos de la construcción hay un 4% de madera, un 2,5% de plásticos, un 7% de voluminosos y el restante tanto por ciento una mezcla de vidrio, plástico, yeso, escayola, papel, cartón y materiales diversos.



Figura 1. RCD en la playa de una planta antes de su tratamiento.

## El sector de los RCD en España y Europa

El mercado de los RCD en España es muy diferente al de nuestros vecinos europeos. En España, después de 17 años que comenzó a desarrollarse este sector, se producen al año alrededor de 44 millones de toneladas de RCD con una tasa de 1 tonelada por habitante al año. De estos 44 millones, el 40% se ha tratado y el 12-15% se ha reciclado pasando de residuo a árido reciclado. Es decir, algo más de 5 millones de toneladas anuales de árido reciclado se han producido en los últimos años en España en alrededor de 150 plantas de valorización repartidas por todo el territorio nacional. Estos datos no son superiores por varios motivos, entre ellos por la gran cantidad de vertidos ilegales, por el montante de empresas recicladoras ilegales que no cuentan con el número de gestor autorizado y lo único que hacen es acopiar, y por la falta de normativa que obligue al uso del árido reciclado, en distintas proporciones, en todas y cada una de las obras que se ejecutan.

En cualquier caso, estos datos son francamente inferiores a los datos del resto de países europeos y a su media. Naciones como Austria, Suiza o Alemania se encuentran en tasas de reciclado del 50%, datos muy próximos a la media de los países europeos occidentales. En



Figura 2. Árido reciclado después de su tratamiento en una planta de valorización.

el extremo superior se encuentra Holanda, con un 98%, debido a la falta de áridos como consecuencia de ser un país ganado al mar en su gran mayoría. España, como puede apreciarse por los datos aportados anteriormente, se encuentra en la parte inferior con tan sólo el 12-15% de reciclado.



Figura 3. El origen de los RCD son las demoliciones, vaciados, rehabilitaciones, etc.



Figura 4. La mayor parte de los escombros es tirada en cunetas, descampados y vertederos ilegales.

Estos datos aportados han sido las medias, con pequeños incrementos, en los últimos cinco años. Sin embargo, la gran crisis mundial que está padeciendo la economía desde mediados de 2008, y especialmente España con la caída de la construcción, ha hecho que estos valores caigan varios puntos, sobre todo en nuestro país, en el que la construcción y la economía en general están siendo menos benévolas que en otros países.

La evolución tanto en España como en Europa ha sido muy similar. En 1993 comenzó en España a desarrollarse el sector de los RCD, y ya en 1995 había tres plantas de tratamiento. El porcentaje de material tratado por aquéllas era entonces más bien testimonial, no sobrepasando en ningún caso el 1,5% de los RCD producidos, mientras que la media europea ya se encontraba en el 28%. En 2000, el número de plantas que había en activo ascendía hasta las 50 y el material tratado se encontraba entre el

5 y el 7%, cuando en Europa ya había alcanzado el 43%. Actualmente, en España se trata entre el 12 y el 15% de los RCD producidos en 150 plantas (entre fijas y móviles), mientras que en Europa occidental la media se encuentra en algo menos del 50%. Si se tienen en cuenta los últimos países europeos integrados en la Europa comunitaria, este valor medio cae hasta el 30% por la mínima o nula actividad de éstos en el tratamiento de RCD.

#### El tratamiento de los RCD

Ya se ha mencionado en repetidas ocasiones que el dimensionamiento de la planta depende del número de habitantes en un área de 30 km (40 km como máximo, si no hubiera ninguna otra planta en dicha zona de influencia). Teniendo en cuenta que cada habitante produce alrededor de 1 tonelada al año, que sólo se trata de media el 40% y que únicamente se valorizan y pasan a RCD un 12-15% de los que se generan en España, es

relativamente fácil calcular la cantidad de residuos que entrarán en la planta. El hecho de contar con vertedero de cola garantiza unas entradas superiores a lo que tendría una simple planta de valorización.

Las plantas de tratamiento están formadas por equipos utilizados en el sector de los áridos con similitudes en más de un 90%. La única diferencia es que en el sector de los RCD se utilizan más separadores neumáticos, hidráulicos y magnéticos. El resto de los equipos llevan mínimas modificaciones que les hacen aptos para el tratamiento de los RCD.

Otro aspecto importante a considerar es su producción. La mezcla de los materiales pétreos con papeles, cartones, maderas, plásticos, etc., disminuye considerablemente ésta, por lo que un equipo utilizado en el sector de los RCD alcanza una producción entre un 40 y un 50% de la que ese mismo equipo alcanzaría en el tratamiento de áridos naturales.

Los RCD, una vez acopiados en la playa de descarga por su naturaleza homogénea o heterogénea, y preclasificados con la excavadora industrial con pulpo o pinza de manipulación, están listos para ser alimentados a su línea de tratamiento respectiva. Así, una cargadora de ruedas es la responsable de alimentar los RCD homogéneos y los RCD heterogéneos a sus respectivas líneas de tratamiento. Normalmente es aconsejable contar con dos cargadoras para la propia gestión de los acopios en la playa y para que cada una se dedique de forma independiente a alimentar a su línea de tratamiento.

#### La planta de valorización de RCD homogéneos

Los RCD homogéneos son aquellos en los que la fracción pétreo supera el 92-93% en volumen del material. El restante 7-8% en volumen suele ser una mezcla de plásticos, hierro, papel, cartón, maderas, telas, etc. Por lo tanto, su tratamiento es muy similar al del árido natural, pero con presencia de equipos de limpieza.

Es importante conocer en todo momento qué granulometrías van a ser las que más salida tendrán y también el uso que se va a hacer de ellas. Es decir, el 7-8% en volumen de suciedad, al no ser reducido en los equipos de trituración, es eliminado en los procesos de clasificación en las cribas vibrantes. Por ejemplo, una fracción 50-300 mm reducida en un molino a un tamaño de salida 0-80 mm sólo reduce la fracción pétreo, no consiguiendo la reducción ni del plástico ni del cartón, papel, etc., por lo que será en las cribas donde se limpie la fracción pétreo del resto de materiales.

La fracción "todo-uno" de la playa alimenta a una tolva con una rejilla con luces determinada, por lo que todo el material con tamaños superiores es rechazado y cae en su correspondiente acopio para su posterior taqueo y vuelta a la

planta. La fracción pasante por la rejilla se corta normalmente en diferentes granulometrías tamaño gravillas y balasto que resulten cómodas de vender en la zona. El resto (>50 mm) se envía a un triturador para su reducción de tamaño. A partir de este momento, la fracción se va clasificando y se vuelve a reducir para conseguir otra serie de granulometrías acordes a la demanda de la región.

En cualquier caso, la línea de tratamiento de RCD homogéneos suele tener de una a dos etapas de trituración, en función del “todo-uno” y de los tamaños finales que se quieran obtener, y de una a dos etapas de clasificación, dependiendo igualmente de los tamaños finales que se necesiten. Cuanto más se clasifique el material, más limpio llegará al final del proceso. Sin embargo, siempre hay una fracción de tamaño pequeño de materiales no pétreos que no pueden ser eliminados de los áridos reciclados y que, en función del tipo de obra a la que vayan dirigida, puede no ser admitida. Para ello existen lo que se conoce como los separadores hidráulicos y los separadores neumáticos.

Los separadores neumáticos pueden ser de dos tipos. Por un lado se encuentran los sopladores, que son equipos que generan una corriente de aire que pasa entre los áridos reciclados. Así, todas las partículas de baja densidad son evacuadas con el aire. La regulación de la intensidad de soplado permite obtener una mayor o menor limpieza. El segundo modelo se utiliza en granulometrías más bien finas y se conoce con el nombre de ciclón. El material entra por la zona intermedia y es sometido a unas corrientes ascendentes. El material pétreo cae entre la corriente, mientras que el no pétreo es evacuado con la corriente por la zona superior. La regulación de la corriente permite una mayor o menor limpieza. Este equipo se caracteriza por ser mucho más caro, garantiza una limpieza muy elevada, pero tiene el inconveniente de que al limpiar elementos no pétreos pequeños el aire también se lleva las partículas pétreas de menor tamaño.

Los separadores hidráulicos son equipos con un precio algo más alto que los sopladores, pero bastante más bajo que los separadores neumáticos de ciclón. Consiste en una cuba rellena de agua donde caen los RCD. Los materiales no pétreos



Figura 5. RCD de origen homogéneo.



Figura 6. Planta de valorización de RCD homogéneos.

quedan flotando en el agua y son evacuados por unos cepillos, mientras que la fracción pétreo hundida en el fondo es evacuada, ya limpia, por un transportador de banda o un tornillo sinfín.

Como se ha comentado anteriormente, la fracción metálica es siempre muy elevada en los residuos de construcción y demolición. Por lo tanto, los equipos de clasificación magnética son obligados en este tipo de plantas. Una línea de tratamiento de RCD limpios puede llevar entre dos y tres separadores magnéticos. Los equipos de separación magnética utilizados en el sector de los RCD son siempre (100% de las veces) del tipo *overband*, un electroimán que cuenta con una cinta transportadora en movimiento circular alrededor del propio grupo; se monta a una altura determinada de la cinta transportadora y extrae de la masa pétreo todo el material férrico. Este material, entre el que se encuentra la ferralla y cualquier pieza férrica, se pega a la cinta transportadora en movimiento del *overband* y es evacuada. Cuando el hierro deja de estar sometido a la acción magnética del electroimán, éste se despegue de la cinta y cae en un contenedor colocado para recibir todo el material de naturaleza férrica. El gestor autorizado pertinente será el responsable de evacuar este hierro cada cierto tiempo.

Por lo tanto, una vez que el RCD homogéneo ha sido reducido en una o dos etapas y ha sido clasificado mecánicamente y magnéticamente, se puede decir que ya se cuenta con un árido reciclado. Si se quiere una fracción determinada más limpia por las necesidades del tipo de obra a la que irá dirigida, ésta se puede someter a una clasificación neumática o hidráulica que termine con todas aquellas fracciones de tamaño pequeño y de naturaleza no pétreo.

**La planta de valorización de RCD heterogéneos**  
Según se ha descrito anteriormente, los RCD heterogéneos son aquellos cuya composición es

una mezcla entre materiales pétreos, madera, papel, cartón, hierro, etc. La presencia de todo tipo de materiales y de todo tipo de tamaños (frigoríficos, colchones, palets) hace totalmente necesaria una preclasificación en la playa mediante una excavadora industrial con pulpo o pinza de manipulación. La planta de tratamiento de RCD heterogéneos es mucho más sofisticada que la de homogéneos, destacando los procesos de clasificación frente a los de trituración.



Figura 7. RCD de origen heterogéneo.

Al comienzo del reciclaje en España se montaron varias plantas para el tratamiento de RCD heterogéneos en las que, desde un primer momento, se comenzaba con procesos de trituración. Ha quedado patente a lo largo de estos años de evolución, pese a que muchos no están de acuerdo, que en el tratamiento de RCD heterogéneos impera el siguiente aspecto: “Triturar los RCD heterogéneos desde un principio sin haber sido sometidos a un proceso de clasificación significa contaminar el residuo”. Es decir, reducir conjuntamente los diferentes materiales que forman el RCD heterogéneo desde un principio significa que el producto final ya reducido está contaminado con las maderas, cartones, papeles, etc. Es más fácil eliminar la fracción no pétreo en granulometrías más grandes que reducirlo todo e intentar separar.



Figura 8. Planta de tratamiento de RCD heterogéneos.

De ahí que hoy en día todas las líneas de tratamiento de residuos heterogéneos de las distintas plantas que se montan comienzan con diversos tipos de clasificación hasta que los residuos están medianamente limpios. Es entonces cuando entran las diferentes etapas de trituración.

Siguiendo un poco la estructura de planta comentada en la línea de RCD homogéneos, la fracción "todo-uno" de la playa alimenta a una tolva con una rejilla con luces predeterminadas, por lo que todo el material y los voluminosos con tamaños superiores son rechazados y caen en su correspondiente acopio. Normalmente, este material contiene poca fracción pétreo y mucha mezcla con lo que es un material no reciclable y se envía directamente al vertedero. La fracción pasante por la rejilla se envía a un trómel separador que corta el material a un tamaño aproximado de 50 mm. Así, la fracción 0-50 mm, pasante del trómel y, por lo tanto, con un

grado de limpieza interesante, se envía a una nueva estación de cribado para los diferentes cortes que pudieran interesar en función del tamaño final que se comercialice.

La fracción >50 mm se envía directamente a una cabina de triaje, que no es más que un contenedor elevado cruzado por una cinta transportadora más ancha que se desplaza más lentamente. La fracción >50 mm cae en la cinta que recorre esta cabina, y es ahí donde varios operarios (el número varía según la producción de la planta) se dedican a limpiar de forma manual la naturaleza pétreo que recorre la cabina de triaje en la banda. Cada operario tiene a su lado unas toberas por las que tira el material según su naturaleza. Así, la madera, el papel y el cartón, el plástico, etc., son introducidos en su tobera asignada y por gravedad caen a sus respectivos contenedores que se encuentran justo debajo de la

cabina de triaje. Cada cierto tiempo, el gestor autorizado de cada uno de los materiales los recoge para tratarlos en su propia planta.

Así, cuando el material sale de la cabina de triaje ya no cuenta con más del 10% en volumen de las impurezas que los hacían un residuo sucio, pudiéndose considerar desde entonces un árido reciclado. A partir de ese momento, la fracción >50 mm puede seguir el camino que se considere oportuno. Normalmente, se suele reducir a las fracciones que más se comercializan y sólo aquellas que necesitan una limpieza próxima al 98% en volumen vuelven a pasar por los separadores hidráulicos y neumáticos.

Cuando el árido reciclado sale de la cabina de triaje, la línea de tratamiento de heterogéneos se mezcla con la de homogéneos, ya que el producto que sale es material limpio que debe ser sometido a una o varias etapas de reducción. Por lo tanto, las plantas se mezclan, no teniendo que invertir de nuevo en equipos de trituración.

En el tratamiento de los residuos heterogéneos la presencia de material férrico es muy superior a la que se encuentran los residuos homogéneos. Así, es muy normal que en una línea de tratamiento de RCD sucios se monten entre dos y cuatro *overbands* para la limpieza de los hierros que contaminan la fracción pétreo.

#### La venta del árido reciclado

La segunda fuente de ingresos de cualquier planta de tratamiento es la venta del árido reciclado obtenido después de valorizar los RCD. El material final tendrá una limpieza muy elevada, unas granulometrías similares a las de los áridos naturales que ofertan las canteras, un comportamiento que depende de la naturaleza del árido reciclado (como en las canteras, en las plantas de reciclaje hay que ensayar constantemente) y un precio acorde a la situación de mercado en cada provincia.

Actualmente, en España no hay una normativa que obligue a la utilización del árido reciclado en las obras, dejando al libre albedrío del jefe de obra la utilización de un porcentaje del árido reciclado. En Europa, por el contrario, en función del tipo de obra es obligada su utilización en unos porcentajes estipulados según la tipología de obra. Las asociaciones del sector trabajan día a día para conseguir esto. El último logro ha sido una importante subvención del Ministerio de Medio Ambiente para la elaboración de la *Guía española del árido reciclado* con la que, gracias a la colaboración de universidades, empresas y laboratorios, se quiere tener en dos años un manual completo con todo tipo de datos, ensayos y ejemplos que sea un arma irrefutable para que la Administración obligue al uso de dicho árido en todas las obras.

Por las razones expuestas, no es fácil pensar que, de momento, una planta de valorización pueda subsistir de las ventas que realice



Figura 9. Separación mecánica, mediante un trómel, de un RCD heterogéneo.



Figura 10. Árido reciclado de naturaleza variada.

del árido procesado. De hecho, el precio de venta de este árido siempre es inferior al del árido natural (que no el precio de producción) y son las plantas de valorización que pertenecen a una gran constructora las que más salida están dando a dicho material, gracias a su autoconsumo.

Hoy en día, una planta independiente que no tenga detrás un grupo constructor, está vendiendo dicho material en proporciones muy bajas para parques y jardines, para la construcción de carriles bici, para aparcamientos, accesos a fincas, restauración de caminos, etc. En cualquier caso, existe ya en Madrid la primera vivienda unifamiliar construida íntegramente con material reciclado, lo que significa que pronto este material cogerá la misma importancia que el árido natural en todo tipo de obras.

### El árido reciclado y sus usos

Una vez que se ha producido la demolición, el transporte a planta, y las labores de trituración y clasificación, queda un material de origen pétreo, cerámico, hormigón o asfáltico limpio de cualquier otra naturaleza (se denomina limpio al no tener más de un 2-3% en volumen de impurezas), que puede ser reutilizado en la construcción de multitud de trabajos civiles. No significa con esto que todos los residuos de construcción y demolición puedan ser utilizados para todo tipo de obras. Como se ha visto anteriormente, el hormigón limpio sin mezcla es el material más barato de colocar en la planta de valorización. La tasa de vertido es más baja, porque su tratamiento posterior es mucho más sencillo y más barato, y además, es el material que cuenta con el mejor comportamiento. Por todo ello, es el material reciclado más caro de comprar.

Antes de proseguir se ha de hacer una importante aclaración. Todo material reciclado, ya sea hormigón, cerámico o asfalto, tiene mayor o menor calidad en función de los materiales originales y de los procesos originales de fabricación. Por ejemplo, dos materiales cerámicos cogidos en demoliciones cercanas no tienen por qué tener la misma calidad. Uno puede estar hecho con arcillas de baja calidad y haber sido mal cocido, y el otro puede ser todo lo contrario. Con el asfalto ocurre lo mismo; el árido y el betún utilizados y la calidad de fabricación empleada son determinantes. Por su parte, el hormigón viene determinado por el cemento, el árido, el agua y los aditivos empleados, además del proceso de fabricación.

Con esto se pretende hacer ver que no todos los productos reciclados tienen por qué tener la misma calidad. Aspecto muy importante a la hora de suministrar material a las obras nuevas (de ahí que muchas veces se hagan grandes acopios de materiales de alta calidad en las plantas

de valorización, antes de su tratamiento, para no ser mezclados con otros y, por lo tanto, contaminarlos).

Los materiales tratados en una planta de trituración y clasificación son acopiados según su naturaleza y su granulometría. Así, es muy corriente ver en cualquier planta de valorización importantes acopios de material de entrada e importantes acopios de material para ser enviados a obra.

### Utilización de los diferentes áridos reciclados

El fin de cualquier trabajo de reciclaje es la reutilización de los residuos generados. Sin embargo, si poca es la reglamentación existente sobre el reciclado de residuos inertes de construcción, menor es la que se puede encontrar sobre la utilización de áridos reciclados. Parece ser que últimamente las autoridades y asociaciones gremiales españolas están empezando a ver al árido reciclado como una alternativa al árido natural, teniendo en cuenta los importantes ahorros económicos que se producen al no encontrarse a decenas o centenas de kilómetros de las ciudades. Por eso, el desarrollo de los planes de gestión integral de residuos inertes ha de contemplar desde la recogida hasta la reutilización final del producto, pasando por su gestión integral.

A continuación se van a repasar los distintos usos que se puede hacer de los áridos reciclados en función de su naturaleza. Sin embargo, hay que dejar claro un concepto: el árido vale para todo o no vale para nada, según las necesidades o las intenciones de cada cliente y/o país. En países ricos en recursos minerales como el árido y desentendidos con el reciclaje, ponen pegas a la utilización del árido reciclado en las obras, mientras países, como por ejemplo Holanda, sin prácticamente árido en toda su extensión, reciclan el 100% de los materiales y éstos se reutilizan en todo tipo de obras.

Los residuos cerámicos, que son todos aquellos que se obtienen de los ladrillos, tejas, sanitarios, etc., normalmente tienen una salida muy concreta para cubiertas de edificios y para labores de jardinería. Su coloración rojiza hace que sean muy utilizadas para decorar jardines, plazas, rotondas y cualquier otra zona de una ciudad donde se alternen plantas y flores. Normalmente, para esta aplicación se están utilizando cerámicos muy limpios con granulometría 6-16 mm. Son también utilizados con frecuencia para la construcción de suelos, caminos y pistas forestales, donde el material se coloca y no se realiza ningún trabajo de compactación ni de asfaltado. Se sirve en granulometrías de acuerdo con las necesidades del cliente.

El material asfáltico, que procede del tratamiento de las capas superiores de las autopistas y carreteras, se utiliza habitualmente como base y subbase para la construcción de nuevas



Figura 11. Áridos reciclados acopiados en función de su granulometría, naturaleza y limpieza.

carreteras, debido a su buen coeficiente de desgaste de Los Ángeles, mejor incluso, en algunos casos, que el del hormigón. Se entrega en granulometría 0-40 mm (zahorra). Las aplicaciones como suelos sin compactación ni asfaltado son muy corrientes también en granulometrías 0-20 mm. Un ejemplo bastante común es la construcción de aparcamientos al aire libre de instalaciones hípicas y deportivas con esta granulometría.

El hormigón es el material reciclado que más salida tiene. Se comercializa en multitud de granulometrías, siendo la zahorra (0-40 mm) la más solicitada para su colocación en autopistas como sub-base. Mientras las zahorras artificiales tienen unos valores de compactación y una capacidad portante determinada, las zahorras de hormigón reciclado tienen muchas veces valores superiores. Su utilización en soleras de hormigón es muy solicitada, y hasta no hace mucho era impensable su utilización en hormigones estructurales. Actualmente, son varias las obras que ya se han realizado incluyendo ciertas proporciones de árido reciclado procedente del hormigón. Cuando se dice que la naturaleza del material es de hormigón, se entiende que como mínimo un 95% del material que lo forma es hormigón. El resto puede ser cerámico o asfáltico. El comportamiento es similar al que tendría el 100%, aunque el otro 5% restante dependerá de la calidad de los otros materiales. Por ejemplo, si es cerámico



Figura 12. Carretera construida con árido reciclado.

y la calidad es buena (está bien cocido y las arcillas son de buena calidad) la relación puede ser de hormigón 95% y cerámico 5%, pero si la cocción ha sido mala y los cerámicos son de mala calidad, se recomienda que su porcentaje sea inferior al 5%.

Los materiales reciclados mezclados entre ellos, e incluso con presencia de yeso, son lo que menor valor tienen y se utilizan siempre para explanadas mejoradas y como rellenos, trabajos estos muy comunes en labores de canalización,

donde el material extraído previamente no tiene calidad suficiente.

Resumiendo, se puede decir que los áridos reciclados son otros materiales más de construcción que necesitan ser regulados para su utilización en todo tipo de obras y trabajos. La construcción sostenible pasa por la incorporación de estos materiales en todas las obras que se ejecuten, con lo que la regulación ministerial debe ser un hecho en el espacio más breve de tiempo.

## Promoción especial para el Colegio de Geólogos y familiares directos

### Servicios gratuitos:

- Visita (consulta i revisión)
- Ortodoncia (1a visita)
- Visita prótesis
- Fluoración (infantil y adultos)
- Radiografías intraorales
- Extracción de puntos de sutura

### Servicios por sólo 20 €:

- Extracción dental simple
- Visita de urgencias de día
- Ortopantomografía
- Higiene dental
- Enseñanza de Higiene Oral

### Hasta un 20% de descuento:

en el resto de tratamientos, en cualquier especialidad.

Estética dental. Ortodoncia invisible.  
Detección del cáncer oral. Tratamiento de ronquidos.

### SERVICIO DE URGENCIAS

CON PRESENCIA DE DENTISTA 24horas/365días

**miravé**  
CLÍNICA DENTAL



# Aspectos geológicos y geomorfológicos en los instrumentos de ordenación del territorio y en las políticas ambientales de la Xunta de Galicia

En el presente artículo se hace una revisión de los aspectos geológicos y geomorfológicos presentes en las herramientas de ordenación del territorio que la Xunta de Galicia está desarrollando, y que aportan una información fundamental para la gestión tanto de los recursos naturales como del territorio en su conjunto. Las Directrices de Ordenación del Territorio y el Plan de Ordenación del Litoral integran en sus determinaciones referencias a la protección, conocimiento y puesta en valor de los elementos de la gea que conforman el patrimonio geológico de la región y que, en muchos casos, aparecen bajo la protección de la normativa ambiental vigente en la Comunidad.

**TEXTO** | Agustín Hernández Fernández de Rojas. Conselleiro de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas. Xunta de Galicia

**FOTOS** | Plan de Ordenación del Litoral. Xunta de Galicia (vuelo oblicuo 2008 y 2009), excepto 1 y 6: Juan López Bedoya

Palabras clave  
**Ordenación del territorio, geomorfología, geodiversidad, paisaje, patrimonio geológico, Galicia**

La fisionomía del actual territorio gallego es el resultado de un intenso devenir de procesos geológicos que abarcan un tiempo contado en cientos de millones de años. Procesos que han quedado registrados en las rocas y minerales y que se expresan en las sucesivas configuraciones geomorfológicas del territorio, si bien es cierto que son los rasgos adquiridos en etapas más recientes (durante la Orogenia Alpina, en el Terciario) los que definen y dan lugar a las singularidades paisajísticas más conocidas fuera de la comunidad gallega: las rías. Pero no podemos olvidar que nuestro territorio encierra vestigios de las colisiones entre antiguas placas litosféricas, verdaderos continentes perdidos, y que desde mediados del siglo pasado, los resultados de esas colisiones en forma de estructuras tectónicas, actividad sísmica y formaciones litológicas, son minuciosamente estudiados por un importante número de geólogos, muchos de ellos pertenecientes a diversas universidades estatales y extranjeras.

El rasgo que mejor define las características del territorio natural de Galicia es precisamente la variedad en la morfología del relieve desde el litoral (*figura 1*) hasta las zonas montañosas limítrofes con las comunidades vecinas. El litoral gallego abarca más de 1.500 km donde se puede distinguir un sector amplio caracterizado por la presencia de las rías con diferentes orígenes relacionados con el hundimiento de fosas debido a movimientos tectónicos, o con el aprovechamiento



*Figura 1. Punta Candieira (Cedeira, A Coruña). Estos acantilados, donde afloran las rocas básicas y ultrabásicas del complejo de Cabo Ortegal, han sido catalogados como Puntos de Interés Geomorfológico por sus particulares características geológicas y geomorfológicas.*

de fallas por los cursos fluviales y el mar. El otro sector minoritario en el litoral gallego es el de las costas rectilíneas como el tramo que discurre entre el cabo Silleiro y la desembocadura del Miño en A Guarda. Estas zonas albergan diversas geoformas que van desde acantilados, marismas costeras, dunas y playas, tanto de cantos (*coídos*), como extensos arenales. La transición de la costa hacia el interior se traduce en algunos

lugares, en elevaciones montañosas que alcanzan los 612 m constituyendo paisajes de elevada singularidad y belleza dentro del territorio. Las sierras que conforman la Dorsal Gallega superan los 1.000 m y dan paso a las zonas planas del interior de la región en muchos casos producto de la acumulación de sedimentos en las depresiones terciarias y que fueron profusamente explotadas para la obtención de lignito. Al este y



Figura 2. Islas Cíes (Vigo, Pontevedra). Las islas de Monteagudo y Faro se encuentran unidas por la playa de Rodas, que junto con el lago dos Nenos, los sistemas dunares y los paisajes montañosos constituyen un importante patrimonio natural dentro del Parque Nacional Marítimo-Terrestre das Illas Atlánticas de Galicia.

sureste de la región se encuentran las mayores altitudes en las sierras de Os Ancares, O Courel, Trevinca y Manzaneda. Son estas zonas las que conservan relictos de la acción de los glaciares cuaternarios como amplios valles en "U" y depósitos morrénicos. Estos rasgos de la fisionomía de la comunidad se modelan sobre un sustrato predominante de rocas graníticas y metamórficas, mientras que calizas y pizarras están presentes en la mitad oriental de la misma.

Álvaro Cunqueiro solía referirse a Galicia como "el país de los mil ríos" como metáfora de la multitud de cauces y masas de agua que jalonan nuestra tierra. No podemos pasar por alto esta característica de la geomorfología gallega y debemos hacer mención de la importancia que los ríos tienen en la dinámica del relieve y en la escultura de los paisajes. Los ríos son los responsables de labrar valles que, en ocasiones, se encajan dando formas imposibles, como los cañones del Sil, o de resolver sustratos poco favorables para su excavación mediante cascadas (*fervenzas*) de gran atractivo geomorfológico y turístico.

Estamos, por tanto, ante un espacio físico de características geológicas y geomorfológicas suficientes para ser tomadas en consideración y tratar a su vez de integrarlas en los modelos de conservación, usos y ordenación de los recursos

naturales y del territorio, en los diferentes planes que desde el Gobierno gallego se ponen en marcha con el fin de proteger, preservar y divulgar la riqueza que atesora nuestro medio natural.

#### Geomorfología y paisaje en las Directrices de Ordenación del Territorio de Galicia (DOT)

La Ley 10/1995, de 23 de noviembre, de Ordenación del Territorio de Galicia, regula los diferentes instrumentos de ordenación del territorio, su contenido y relación de interdependencia, así como los canales procedimentales para su elaboración y régimen de vigencia, modificación y revisión, con la finalidad de establecer los objetivos fundamentales y de crear los instrumentos necesarios para la coordinación de la política territorial y la ordenación del espacio de la Comunidad Autónoma de Galicia, y con el objeto de favorecer la utilización racional del territorio gallego y proteger el medio natural, mejorar la calidad de vida y contribuir al equilibrio territorial. Dentro del conjunto de instrumentos territoriales establecidos por la Ley 10/1995, las Directrices constituyen el elemento central de carácter integrador del sistema de planes e instrumentos en serie que la propia ley define, y que van desde lo general hasta lo particular, y desde la concepción

global del territorio a la acción específica de carácter sectorial. En este marco, las Directrices son el modelo que ofrece la visión global de la ordenación territorial de Galicia sirviendo como elemento de referencia para el resto de las iniciativas.

En las distintas etapas del planeamiento y desarrollo de las Directrices de Ordenación del Territorio (en estos momentos, aprobadas provisionalmente por la Xunta, se inicia el trámite parlamentario que finalizará con la aprobación definitiva en 2011 mediante decreto), debido a las singularidades del espacio gallego, se ha buscado la integración del medio natural en todas sus vertientes. De este modo los distintos planes de ordenación se nutren de una destacada información geomorfológica del territorio de Galicia cuya utilización se convierte en un eje clave para la ordenación, reconociendo el alto valor del medio natural y paisajístico para determinar los usos y concretar las medidas limitadoras de las intervenciones en el territorio. El paisaje, desde este punto de vista, se valora como recurso para la conservación y la protección de áreas naturales. Debemos recordar que en la génesis de los paisajes y en su manifestación actual actúan tanto factores bióticos como abióticos (relieve, litología, procesos geomorfológicos y climáticos) distinguiendo como componentes físicos del paisaje:



Figura 3. Monumento Natural Praia das Catedrais (Ribadeo, Lugo). La erosión marina ha labrado intensamente los acantilados de la rasa cantábrica ofreciendo geoformas de gran belleza e interés paisajístico.

las formas del terreno, los suelos, las rocas o los cursos de agua.

De acuerdo con las disposiciones del Convenio Europeo del Paisaje, aprobado en Florencia el 20 de octubre de 2000, a propuesta del Consejo de Europa, se reconoce jurídicamente el paisaje. La Comunidad Autónoma de Galicia procedió a regular la materia del paisaje de conformidad con el ámbito competencial establecido en los artículos 27.3 y 27.30 del Estatuto de Autonomía de Galicia, a través de la Ley 7/2008, de 7 de julio, de Protección del Paisaje de Galicia. En este contexto, y de conformidad con el artículo 5 de la Ley 7/2008, de 7 de julio, de Protección del Paisaje de Galicia, los poderes públicos velarán para que en el ámbito de su competencia y de la naturaleza de cada territorio se adopten las medidas específicas necesarias para la protección, gestión y ordenación del paisaje. Los poderes públicos integrarán la consideración del paisaje en las políticas de ordenamiento territorial y urbanístico, y en sus políticas ambientales, del patrimonio cultural, agrícolas, forestales, sociales, turísticas, industriales y económicas, así como en cualquier otra política sectorial que pueda producir un impacto directo o indirecto sobre el paisaje.

Esta Ley de Protección del Paisaje, en su exposición de motivos, indica que “una de las principales

características de Galicia es su riqueza paisajística. Su situación geográfica en el planeta, la cercanía del océano y la existencia de las altas sierras orientales, una contrastada morfología, los millares de ríos que surcan este territorio, la presencia de rocas graníticas y pizarreñas, así como un variado mosaico climático y una elevada diversidad biológica configuran una riqueza paisajística única e irrepetible. Todos estos elementos son causa y razón de los grandes arenales, estuarios, rías, acantilados y sistemas de dunas en las costas litorales; de amplios o pequeños valles y vaguadas a través de la extensa red fluvial; de altas o bajas llanuras terciarias y cuaternarias; de cumbres, lomas, sierras, montes y despeñaderos, que en una secuencia aparentemente interminable van configurando con una personalidad propia e inolvidable unos paisajes de una indudable belleza y valor”.

Se entiende la protección del paisaje como todas aquellas acciones que tengan como fin la preservación y conservación de los elementos más significativos y característicos de un paisaje, justificados por su valor patrimonial como resultante de su configuración natural o de la intervención humana sobre el medio. Así mismo se establecen instrumentos para la protección, gestión y ordenación del paisaje, como la elaboración de catálogos donde se identifiquen los

diversos tipos de paisajes haciendo un inventario de los valores paisajísticos y un análisis de las causas que dieron origen a la aparición de esos tipos de paisaje, de aquellas que inciden en la actualidad sobre los elementos del paisaje, y la posible evolución de los mismos. Aquí se podrían delimitar “Áreas de especial interés paisajístico” de acuerdo con los valores tanto naturales como culturales que representen el espacio en cuestión. Estos catálogos del paisaje son la base de las Directrices de paisaje que definen y precisan para cada unidad los objetivos de calidad paisajística que se pretenden alcanzar. Además de los instrumentos anteriormente citados, se incluyen los planes de acción del paisaje en áreas protegidas y los estudios de impacto e integración paisajística; documento específico que deberán incorporar todos los proyectos que tengan que someterse a Declaración de Impacto Ambiental, y donde entre otras especificaciones, deberán determinarse los impactos sobre los elementos que configuran el paisaje.

Como venimos sosteniendo en los párrafos anteriores, los recursos naturales y los espacios de interés ambiental son uno de los activos diferenciales de Galicia y claves en el desarrollo de distintas áreas del territorio. Además, la existencia de sistemas naturales bien conservados facilita



Figura 4. Parque Natural del Complejo Dunar de Corrubedo y lagunas de Carregal y Vixán (Ribeira, A Coruña). Constituye el ejemplo más espectacular de un sistema sedimentario de estas características en el noroeste peninsular.

## El POL pretende proporcionar elementos de decisión que contribuyan a la gestión sostenible del litoral, la recuperación de zonas degradadas y la conservación de las áreas sensibles

la resolución de problemas que pueden presentarse en el territorio como la prevención de daños por inundaciones, el aumento de la disponibilidad de recursos hídricos, la conservación de suelos, el mantenimiento de paisajes atractivos o el control de usos inadecuados en el territorio.

Por tanto, entre las propuestas de las Directrices de Ordenación del Territorio se incluye la de promover protección y valorización de formaciones o espacios con valores de cualquier tipo físico-natural (geológico, morfológico, paleontológico, biológico, etc.), identificados en algún otro catálogo o normativa o incluso que puedan ser identificados a través de la elaboración de los otros instrumentos de ordenación del territorio y urbanismo y presenten un interés supramunicipal o local, de manera complementaria a las áreas protegidas incluidas en alguna de las figuras de espacios naturales y áreas protegidas por instrumentos internacionales establecidos por la normativa estatal (Ley 42/2007, del 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad) y autonómica (Ley 9/2001, del 21 de agosto, de Conservación de la Naturaleza), y desde la perspectiva de aportación de recursos de valor al desarrollo sostenible de las áreas rurales.

Entre los valores que se deben proteger destacan los relativos a la geomorfodiversidad, es decir, al patrimonio geológico y geomorfológico propio de nuestra Comunidad, reconocida su importancia como sustento físico de la biodiversidad y

complemento indisoluble de ella, y por los innegables valores informativos y educativos sobre la historia geológica y climática regional, referencias obligatorias para enfrentar los retos de planificación territorial que los futuros cambios ambientales y climáticos lleven parejos. Entre los inventarios propuestos como punto de partida para la identificación de áreas complementarias a los espacios naturales que ya gozan de figura de protección, se encuentran aquellos donde se recopilan los Puntos de Interés Geológico, 28 lugares inventariados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), en 1983, y una relación más reciente, aunque de carácter generalista, de Puntos de Interés Geológico recogidos en un inventario del Consello da Cultura Galega y publicados en 2005. Todos estos espacios constituirían las "Áreas Estratégicas de Conservación", de excepcional valor natural y que aglutinan la percepción de la naturalidad del territorio.

Respecto a la divulgación y puesta en valor de los distintos espacios naturales, en las Directrices de Ordenación del Territorio se determina la creación de una red de áreas de interpretación de la naturaleza así como de una red de itinerarios de interés paisajístico y ambiental que acercarán a los interesados los principales elementos naturales fomentando desde la educación ambiental la adquisición de conocimiento y compromiso de conservación de los valores medioambientales del territorio.

### El conocimiento del medio físico como elemento estructurante del Plan de Ordenación del Litoral de Galicia (POL)

En enero de 2010 se tramita el POL, un plan que tiene por finalidad la determinación de un modelo de planificación territorial que defiende como principio rector la integración y conciliación de los intereses de la sociedad con los valores patrimoniales para avanzar en el desarrollo de un instrumento de gestión del litoral propio, y deseado. Se trata de un plan que pretende proporcionar elementos de decisión que contribuyan a la gestión sostenible del litoral, la recuperación de zonas degradadas y la conservación de las áreas sensibles. Al mismo tiempo nace con una vocación clara de informar a la población sobre los problemas ambientales de la zona costera y la urgente necesidad de una gestión racional de este territorio. Para ello se ha hecho un especial esfuerzo por identificar, proteger y poner en valor los distintos elementos de carácter natural y del patrimonio cultural y etnográfico que caracterizan el extenso litoral de Galicia. Nuestro territorio se abre al mar con una extensión total de 2.555 km, repartidos en 432 km de islas, 464 km de marismas y 1.659 km de costa. No es de extrañar que a la vista de los números anteriores, el litoral se encuentre salpicado de lugares singulares, rías, acantilados, playas, cabos, lagunas costeras... que se van intercalando aportando un enorme valor ambiental, paisajístico y económico, y que albergan, desde tiempos antiguos, vestigios que corroboran la especial relación de las gentes de Galicia con el mar.

Como decíamos, una labor fundamental de estos planes de ordenación es la de reconocer y poner en conocimiento de la ciudadanía los valores naturales que conforman el litoral gallego. Un conocimiento amplio de estos elementos implica en mayor medida a los ciudadanos en el respecto y en el uso sostenible de los recursos. Para ello se ha realizado un estudio pormenorizado del territorio que se traduce en la elaboración de una cartografía extensa, identificación de las unidades del paisaje así como un inventario de espacios de interés paisajístico, muchos de ellos basados en sus características geomorfológicas y de los depósitos costeros por excelencia, las playas.

El documento del Plan de Ordenación del Litoral, aprobado inicialmente y que se esperaba que a finales de 2010 estuviera aprobado provisionalmente, recoge tres capítulos destinados a la comprensión del paisaje de litoral de Galicia, la definición concreta del ámbito del Plan y el análisis de sus elementos estructurantes. Para delimitar el ámbito de estudio del territorio se han considerado, entre otras, las variables geodinámicas que definen el litoral. Por todo ello el paisaje se convierte en herramienta de estudio básica, estableciéndose a

gran escala siete comarcas costeras, divididas en sectores y que dan lugar a la definición de 642 unidades de paisaje clasificadas en 16 tipologías.

La geología está presente en la descripción de las unidades puesto que se ha perseguido la determinación de las características litológicas y tectónicas de las mismas, toda vez que esta información pueda ser empleada para diferentes aspectos y actuaciones dentro del ámbito delimitado. Por un lado, el conocimiento de las características geológicas es esencial en determinar la capacidad del terreno y su respuesta geotécnica ante la disposición o desarrollo de actividades en el área. Por otro, favorece la comprensión y delimitación de los posibles riesgos geológicos y geomorfológicos que se puedan desencadenar por la acción antrópica o por fenómenos exclusivamente naturales. Finalmente estas determinaciones permiten valorar la importancia de la litología en el conjunto del paisaje tanto de manera directa, en los afloramientos rocosos, como de manera indirecta, cuando ésta puede actuar como limitante o por el contrario, contribuir al desarrollo de actividades agropecuarias o de cualquier otro tipo. Así mismo, las memorias de las unidades incluyen la descripción de los principales accidentes tectónicos de la zona estudiada y su relación con el relieve actual del entorno.

La caracterización, por tanto, de las diferentes unidades del paisaje se hace en base a una metodología que da respuesta a la particular configuración del espacio litoral de Galicia. Cobra en este punto gran importancia la geomorfología como disciplina indispensable para identificar y describir la multitud de geoformas que se suceden en esta área a caballo entre la tierra y el mar. Así, se han reconocido como principales geoformas los acantilados, playas, dunas y las lagunas y humedales costeros. De este modo se han podido determinar los espacios de interés geomorfológico que corroboran la diversidad litológica y los sucesivos episodios tectónicos sufridos a lo largo del tiempo geológico.

Otra herramienta utilizada para la ordenación y caracterización del territorio es la delimitación del Área de Dinámica Litoral que comprende aquella zona sometida a la acción erosiva marina y que variará en los diferentes sectores costeros en función del sustrato litológico o la morfología del relieve. La definición de esta franja es de gran importancia de cara a la posibilidad de actuación sobre el litoral; además, se han tenido en cuenta las previsiones de los posibles efectos del cambio climático, pues los riesgos geológicos ligados a la dinámica litoral abarcan desde movimientos en masa en las laderas de las áreas acantiladas, hasta los procesos de erosión costera en las zonas de sedimentación marina como son las playas.

Desde el punto de vista de la geomorfodiversidad, y como avance en el conocimiento y puesta en



Figura 5. Paisaje Protegido de Os Penedos de Pasarela e Traba (Laxe y Vimianzo, A Coruña). El conjunto de formas y microformas graníticas singularizan al paisaje que adquiere un alto valor estético, científico y didáctico.

valor de la geología de la comunidad gallega, el POL identifica y cataloga espacios de características singulares y que merecen especial atención por sus particularidades litológicas o morfológicas y que pasan a engrosar el inventario de Puntos de Interés Geomorfológico de Galicia.

#### El patrimonio geológico y la geodiversidad en los espacios naturales protegidos de la comunidad

En Galicia, los espacios naturales protegidos están representados por 1 parque nacional (figura 2), 7 parques naturales, 7 monumentos naturales, 5 zonas húmedas protegidas, 2 paisajes protegidos, 76 zonas de especial protección de los valores naturales, 4 espacios naturales de interés local y 1 espacio privado de interés natural. El incremento experimentado por los espacios naturales en la última década viene determinado por la designación de los espacios protegidos de la Red Natura 2000, que en Galicia están representados por 59 LIC, con una superficie total de 374.441 ha, y 16 ZEPA con una superficie total de 101.028 ha parcialmente superpuestas a las anteriores, y por la constitución del Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Illas Atlánticas de Galicia en 2002. Finalmente, en el ámbito territorial gallego, se encuentran distintas áreas protegidas por instrumentos internacionales, que se corresponden con 5 zonas húmedas incluidas en la lista de las de importancia internacional del Convenio de Ramsar, que representan 7.697 ha, un área marina protegida vinculada al Convenio de Oskar, y 5 reservas de la biosfera del Programa Persona & Biosfera de la Unesco, que incluyen una superficie de 609.075 ha. El régimen jurídico de las distintas áreas protegidas viene establecido por la Ley 42/2007, del Patrimonio

Natural y de la Biodiversidad (normativa estatal) y por la Ley 9/2001 de Conservación de la Naturaleza (normativa autonómica).

A falta de una legislación específica en Galicia sobre patrimonio geológico y geodiversidad, son distintas las figuras legales en donde se hace referencia a los bienes geológicos. Así encontramos que la Ley 8/1995, de 30 de octubre, del Patrimonio Cultural de Galicia, dice en su artículo 8.3 que “los bienes inmuebles serán declarados de interés cultural atendiendo a las siguientes clases: (...) lugar de interés etnográfico y zona paleontológica.” Además conforme a su artículo 55 “forman parte del patrimonio arqueológico de Galicia los elementos geológicos y paleontológicos relacionados con la historia humana...”.

Sin embargo, entre las leyes autonómicas donde más patente se hace la conservación de los espacios naturales, haciendo mención a las características de la gea, es la Ley 9/2001, de 21 de agosto, de Conservación de la Naturaleza. En dicha ley encontramos referencias específicas a aspectos relacionados con la geología como, por ejemplo, en la definición de parque (artículo 12): “Áreas naturales poco transformadas por las actividades humanas que por la singularidad (entre otros motivos) de sus formaciones geomorfológicas merecen una conservación preferente”. Además, en el artículo 13 presenta la figura de monumento natural como “aquellos espacios o elementos de la naturaleza constituidos básicamente por formaciones de notoria singularidad, rareza o belleza que merecen ser objeto de una protección especial, así como las formaciones geológicas, los yacimientos paleontológicos y demás elementos de la gea que reúnan un interés especial por su singularidad o importancia de sus valores científicos, culturales o paisajísticos”.



Figura 6. Parque Natural de Serra da Enciña da Lastra (Rubiá, Ourense). Las formas cársticas, escasamente representadas en Galicia, adquieren su máxima expresión en este parque.

Al amparo de estas figuras de protección se encuentra en la maraña lucense, en el sector costero de Augas Santas, el Monumento Natural Praia das Catedrais (Ribadeo, Lugo) (figura 3). La forma elegida para su protección obedece entre otros aspectos a su alto interés geomorfológico y paisajístico. Esta zona, ubicada en plena rasa cantábrica, de acantilados verticales formados por cuarcitas y pizarras, ha sido profusamente sometida a la acción erosiva del mar favorecida además por el alto grado de tectonización de estas formaciones, da lugar a la aparición de geofomas entre las que destacan principalmente las cuevas (furnas), bufones, islotes o arcos. Otro de los monumentos naturales en el cual los aspectos geológicos han jugado un papel decisivo en su declaración, es el de la costa de Dexo, entre las rías de A Coruña, Ares y Betanzos. La naturaleza esquistosa de esta franja del litoral ha facilitado la excavación de ensenadas que desarrollan en su interior playas encajadas de pequeñas dimensiones. Dentro de los parques naturales hay que mencionar por su excepcionalidad el complejo dunar de Corrubedo y lagunas de Carregal y Vixán (Ribeira, A Coruña) (figura 4), el cual constituye el mejor ejemplo de la cornisa atlántica de un sistema de playa, duna y lagunas costera. Sin embargo, estas morfologías no son únicas, sino que se repiten en el litoral gallego como en las lagunas de Louro (Muros, A Coruña) de Baldaio (Carballo, A Coruña) o en el humedal protegido conocido como “Complejo intermareal Umia-O Grove, A Lanzada punta Carreirón e lagoa Bodeira” entre las rías de Arousa y de Pontevedra.

Uno de los últimos lugares de interés que se ha incorporado a la red gallega de espacios protegidos es el denominado como Paisaje Protegido de los Penedos de Pasarela y Traba (figura 5). En su

declaración se recoge como objetivo prioritario la protección y conservación de las formaciones graníticas como elemento relevante del paisaje, además de promover programas de investigación y de educación ambiental.

Las memorias de los planes de ordenación de los recursos naturales dentro de los espacios protegidos son también una fuente de reconocimiento de valores geológicos; así, en el PORN del Parque Natural de Serra da Enciña da Lastra (Rubiá, Ourense) (figura 6), donde además de hacer mención a la presencia en el entorno del parque de un Punto de Interés Geológico, descrito por el IGME e identificado como “Minas de Pintura” (depósitos limolíticos de interés estratigráfico) se indica que su singularidad geológica radica en la escasez de terrenos calizos en Galicia (que representan sólo el 0,52% del territorio) acompañados de diferentes elementos geomorfológicos relevantes, representando el mejor ejemplo de morfología cárstica de la comunidad gallega con una importante red de simas y cuevas. Aquí se incluye la presencia de registros fósiles del Periodo Ordovícico como de alto interés cultural, científico y educativo. En otros casos, son los ayuntamientos los que ponen en valor el patrimonio geológico como ocurrió en la aldea de Campodola (Quiroga, Lugo). En este lugar, el consistorio impulsó la construcción, en 2003, de un mirador para la observación del denominado “pliegue tumbado de O Courel”, estructura tectónica considerada también como punto de interés geológico por el IGME.

### Conclusiones

Con este recorrido somero por los documentos de los planes de ordenación (Directrices de Ordenación del Territorio y Plan de Ordenación del Litoral de Galicia) promovidos desde la Consellería de

Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras de la Xunta de Galicia hemos pretendido dejar constancia del valor concedido a los espacios naturales y de la especial atención prestada a los rasgos geológicos y geomorfológicos de la comunidad como elementos estructurantes y transmisores de calidad y singularidad del territorio gallego. Estas determinaciones y descripciones del medio físico integrantes de los planes de ordenación persiguen entre otros objetivos, el reconocimiento y la puesta en valor de los elementos naturales además de alcanzar un uso sostenible de todos los componentes del territorio.

Además, la geología ha quedado reflejada en otros programas, planes o proyectos impulsados desde el Gobierno autonómico como puede ser el proyecto CLIGAL, integrado dentro del Programa Marco de Acción frente al Cambio Climático donde se ha contado con la participación de geólogos y geomorfólogos que han caracterizado la evolución del clima y los cambios ambientales en la costa gallega en los últimos millones de años estudiando tanto los microfósiles y sedimentos marinos como los diferentes depósitos y procesos que controla la dinámica litoral. El conocimiento de los sucesos en el pasado geológico supone una llamada de atención además de alertar sobre la necesidad de tomar medidas mitigadoras o adaptativas frente a los cambios globales a los que la humanidad como parte integrante del planeta se enfrenta.

Somos conscientes de que queda un camino importante para lograr la integración de los valores y el patrimonio geológico y dotarlo de legislación específica que asegure una conservación eficaz. Sin embargo, la adopción por parte de la comunidad gallega de instrumentos de ordenación del territorio favorecerán la comprensión, delimitación y uso de los recursos naturales así como la divulgación de los especiales elementos de la gea, acercándonos a la meta de la protección y conservación del medio ambiente con todos sus componentes.

### Bibliografía

- Duque, L. C.; Elízaga, E. y Vidal Romaní, J. R. (1983). *Puntos de Interés Geológico de Galicia*. Instituto Geológico y Minero de España, 103 p., Madrid.
- Viéitez Cortizo, E. y Rey Salgado (editores) (2005). *A natureza amenazada 2004*. Consello da Cultura Galega. Sección de Patrimonio Natural, 835 p.
- Xunta de Galicia (2010). Directrices de Ordenación del Territorio (<http://www.cmati.xunta.es/portal/cidadan/lang/gl/pid/2689>).
- Xunta de Galicia (2010). Plan de Ordenación del Litoral (<http://www.xunta.es/litoral>).

# Visado y supervisado: el peticionario marca la diferencia

El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG), al amparo de la nueva legislación sobre visados de colegios profesionales, ha puesto en marcha un nuevo servicio de supervisado de estudios y proyectos. La principal diferencia con el visado tradicional es que mientras el primero debe ser solicitado expresamente por el cliente, el supervisado se aplicará a petición de los colegiados.

Texto | Luis Suárez Ordóñez, presidente del ICOG

Palabras clave

**Visado, supervisado, seguro de responsabilidad civil**

El apartado 13 del artículo 5, "Visado", de la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, conocida como Ley Ómnibus, establece que los colegios de profesiones técnicas, **visarán** los trabajos profesionales en su ámbito de competencia: **cuando se solicite por petición de los clientes, o cuando así lo establezca el Gobierno, mediante Real Decreto.**

El pasado 6 de agosto, el *BOE* promulgó el Real Decreto 1000/2010, de 5 de agosto, sobre Visado Colegial Obligatorio, que restringe los visados obligatorios de los colegios profesionales a los proyectos, obras y demolición de edificaciones, voladuras, proyectos de explosivos y cartuchería y aprovechamiento de recursos mineros; el 1 de octubre de 2010 entró en vigor el Real Decreto. De esta forma, un gran número de estudios y proyectos dentro del ámbito de actividad de los geólogos dejan de estar sometidos al visado obligatorio, teniendo que ser solicitado éste por el cliente.

No obstante, y para garantizar la máxima calidad, seguridad y eficiencia en la labor profesional de los geólogos colegiados, el ICOG ha decidido poner en marcha el servicio de **supervisado de estudios y proyectos**. Este servicio tiene como objetivo poner en valor la labor realizada por el ICOG en la última década ante los colegiados, los clientes de los colegiados y la sociedad en general, al superar el objeto de visados establecido en la Ley Ómnibus, mediante la institución de la supervisión facultativa de estudios y proyectos. El servicio puede ser solicitado por el colegiado y, entre otras ventajas, cuenta con cobertura de responsabilidad civil profesional (RCP) y condiciones muy ventajosas en la póliza de seguro de responsabilidad civil profesional (SRCP) colectiva que tiene suscrito el Colegio de Geólogos.

Además, el servicio de supervisado se encarga de comprobar la suficiencia y corrección formal de la documentación integrante del estudio o proyecto, verificando el cumplimiento de cuantas normas, acuerdos y decisiones colegiales



afecten al trabajo en cuestión. También ofrece asesoramiento técnico en la realización de estudios y proyectos y facilita la posibilidad del cobro de honorarios profesionales a los clientes de los geólogos.

En consecuencia, el visado/supervisado de estudios y proyectos, se conceptúa como un **decálogo de servicios** en beneficio de los colegiados y sus clientes.

A fin de fomentar el visado y supervisado de estudios y proyectos, el ICOG reduce sustancialmente las antiguas tarifas, para hacerlas mucho más competitivas para los colegiados, con rebajas mínimas del 25% y máximas del 41% en la tarifa plana de trabajos de edificación, y del 30% en la tarifa normal del resto de estudios o proyectos, con el valor añadido que aporta el seguro de responsabilidad civil profesional (SRCP)



Todos estos servicios son mucho más favorables para los colegiados que cualquier alternativa que pueda ofrecer el mercado, dado que las compañías de seguros son muy reticentes a poner en el mercado SRCP individuales

colectivo para los colegiados del ICOG en relación con las ofertas alternativas de SRCP individuales para profesionales y empresas de las compañías de seguros.

Se trata de que los colegiados soliciten al ICOG el supervisado de sus estudios y proyectos, por el valor añadido que aportan el SRCP colectivo del ICOG, la habilitación legal del colegiado, y el control de cumplimiento de normativa técnica. Todos estos servicios son mucho más favorables para los colegiados que cualquier alternativa que pueda ofrecer el mercado, si es que la puede ofrecer, dado que las compañías de seguros son muy reticentes a poner en el mercado SRCP individuales.

Por su parte, el colegiado podrá usar el supervisado como una herramienta eficaz para poner en valor ante sus clientes la calidad y la profesionalidad de sus trabajos a la vez que encuentra la tranquilidad al saber que sus trabajos cuentan con una cobertura aseguradora de excepción.

#### ¿Qué riesgos asumo si mi cliente no quiere visar?

El geólogo autor del estudio o proyecto será el responsable de la indemnización por responsabilidad civil profesional (RCP) que pueda derivarse.

Desde la entrada en vigor de la Ley de Ordenación de la Edificación, en mayo de 2000, se han producido 47 incidentes de siniestro, resueltos por el seguro de responsabilidad civil profesional (SRCP) colectivo del ICOG, asociado al visado y supervisado de estudio y proyectos.

También en el ICOG se han podido constatar los problemas que han tenido cinco colegiados por demandas de RCP de clientes y promotores, derivadas de la realización de estudios y proyectos no visados, y sin SRCP, que, en ocasiones, ha supuesto la quiebra de la empresa, el abono de fuertes honorarios a abogados y peritos e indemnizaciones por RCP, en algunas ocasiones, superiores a los 180.000 euros.

# Decálogo de servicios

## 1. Acreditación de la identidad y habilitación legal del profesional debidamente colegiado.

Permitirá detectar los potenciales casos de intrusismo profesional de aquellas personas que firman como geólogos sin serlo o que suplantan la personalidad de los geólogos. En consecuencia, el ICOG podría actuar penalmente, como ha ocurrido en otras ocasiones, como actuación complementaria al control establecido por el acceso al registro de colegiados mediante la ventanilla única del colegio, para la mejor defensa de los derechos de los clientes y colegiados.

## 2. Comprobación de la suficiencia y corrección formal de la documentación integrante del trabajo y de cuantas especificaciones exija la normativa de aplicación del mismo.

El ICOG comprobará que la documentación presentada está completa y se adecua formalmente a lo exigido en la normativa y legislación correspondiente que resulte de aplicación. Para ello, recabará a las Administraciones Públicas listados con la relación completa de documentos exigidos en la tramitación de cada tipo de estudio o proyecto visado.

## 3. Observancia y cumplimiento de cuantas normas integren el ordenamiento jurídico, así como de los acuerdos y decisiones colegiales, revistan o no aquel carácter.

El ICOG comprobará la corrección e integridad formal de la documentación del trabajo profesional, que garantiza que el contenido de los estudios y proyectos cumple con las normas sobre especificaciones técnicas y que es conforme con el resto de la normativa vigente de aplicación.

Por ello, este control colegial actúa como paraguas de RCP de cumplimiento de la normativa vigente, como el Código Técnico de la Edificación, el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, el Reglamento General del Régimen de la Minería, etc.

## 4. Cobertura de la RCP en la realización de estudios y proyectos geológicos.

Desde que la Ley de Ordenación de la Edificación y otras leyes geológicas instituyeron de una manera nítida la RCP de los autores de los estudios y proyectos y, en concreto, la RCP de los autores de los estudios geotécnicos de edificaciones, en la década 2000-2009, el SRCP colectivo del ICOG, asociado a los visados, ha atendido 47 incidentes de siniestros de estudios y proyectos visados por geólogos, debiendo indemnizar la compañía de seguros a los clientes con 237.000 euros por reclamaciones de daños, habiendo reclamado los clientes de los geólogos 7,6 millones de euros y habilitando la compañía de seguro provisiones de fondos, a la espera de las sentencias judiciales, de 2,4 millones de euros.

## 5. Excelentes prestaciones de cobertura y de coste de póliza del SRCP del ICOG.

Desde 2000, el ICOG ha suscrito una póliza colectiva de RCP para estudios y proyectos supervisados, sucesivamente con tres compañías de seguros diferentes. Esto ha permitido mejorar año a año la cobertura del seguro de responsabilidad civil profesional de proyectos y estudios y minimizar el coste de las pólizas, que con el cambio normativo queremos poner en valor, como un servicio más a los colegiados en el supervisado de estudios y proyectos.

Según nuestra experiencia, no hay en el mercado ninguna póliza de SRCP para estudios y proyectos geológicos y geotécnicos más ventajosa para los geólogos que la póliza colectiva suscrita en 2010 por el ICOG. Todos los años, las corredurías de seguros contactadas por el ICOG realizan un análisis del estrecho mercado de SRCP, para mejorar la cobertura y las cuotas de las pólizas para los geólogos; póliza colectiva que, en cualquier caso, es más favorable que cualquier póliza individual que pueda suscribir cualquier empresa geológica o geólogo con cualquier compañía de seguros.

## 6. Certificado de la póliza de SRCP de la compañía de seguros para los colegiados.

Dado que en ocasiones las Administraciones Públicas o los clientes privados exigen la constitución de un SRCP que cubra los estudios o proyectos, la compañía de SRCP colectivo del ICOG, mediante la correduría de seguros, facilitará a los colegiados un certificado de la póliza del estudio o proyecto concreto para presentar al cliente, con el compromiso del posterior supervisado del mismo.

## 7. Posibilidad del cobro de honorarios profesionales a los clientes de los geólogos.

Cuando el colegiado solicite expresamente que el ICOG se encargue de cobrar sus trabajos profesionales, el Colegio podrá llevarlo a cabo para asegurar el abono de las facturas de los honorarios profesionales del geólogo, lo que se convierte en una garantía.

## 8. Asesoramiento técnico de los departamentos de visados y supervisados en la realización de proyectos y estudios.

Tal y como se ha realizado en la implantación y desarrollo del Código Técnico de la Edificación, los departamentos de visados y supervisados asesorarán a los colegiados en el cumplimiento de la normativa vigente y revisarán los estudios y proyectos mediante listas de chequeo de cumplimiento de la normativa, para que este control actúe como paraguas de RCP complementario al seguro. Este asesoramiento se extenderá también a todo tipo de proyectos técnicos: geología, hidrogeología, minería, geotecnia, medio ambiente, riesgos geológicos, etc.

## 9. Puesta en valor de los estudios y proyectos ante el cliente.

El cliente debe sentirse más protegido al encargar un estudio o proyecto geológico visado, dado que va a estar cubierto por un adecuado SRCP, por la acreditación de la identidad y habilitación legal del geólogo, por la comprobación de la suficiencia y corrección formal de la documentación del estudio o proyecto y por el cumplimiento de cuantas normas afecten al estudio o proyecto. Con este objetivo, el geólogo dispone también del supervisado como una herramienta eficaz para poner en valor ante el cliente la importancia del supervisado de estudios o proyectos y las ventajas que el mismo conlleva.

## 10. Agilización de los trámites con el visado y supervisado telemático.

En los últimos años se ha impulsado el visado telemático en el ICOG hasta alcanzar el 78% de los estudios y proyectos. En esta nueva etapa de supervisados de estudios y proyectos, se van a potenciar los mismos todo lo posible, para facilitar los trámites a los colegiados, la reducción de los tiempos de supervisado y la minimización del empleo de papel.

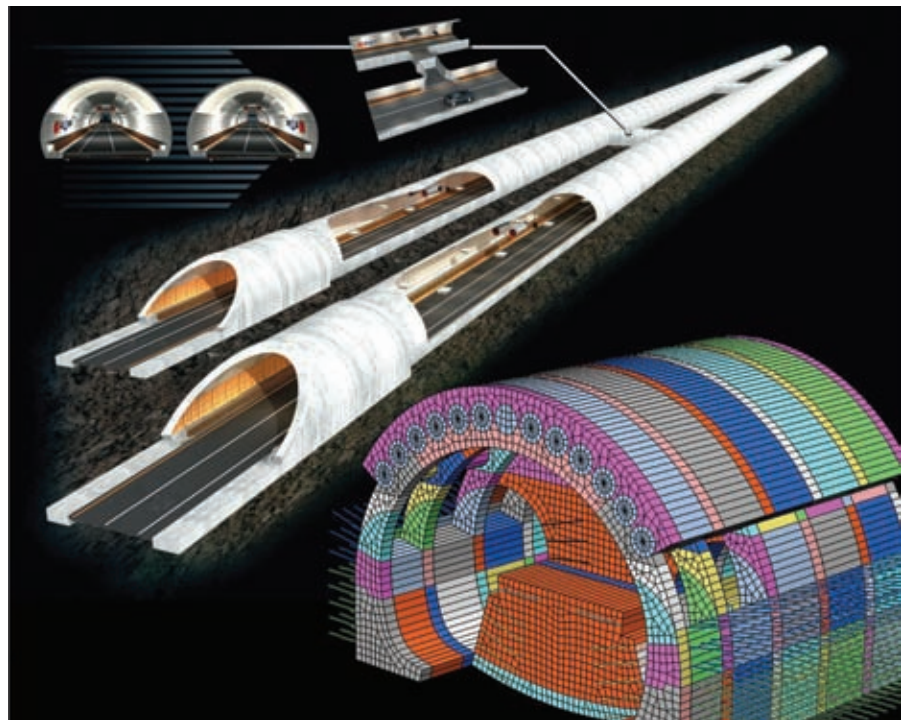
### ¿Cómo soluciona el supervisado mis riesgos profesionales?

Para resolver la problemática sobre responsabilidad civil profesional existen dos opciones:

- Un SRCP colectivo, asociado al visado o supervisado, que resulta con mayores prestaciones y menor coste para el colegiado, puesto que es un seguro para el colectivo de geólogos (3.400 colegiados), que ha cubierto en 2009 a 12.060 estudios y proyectos, con 237.000 euros en abono de indemnizaciones a clientes de los colegiados y 2,4 millones de euros de provisión de fondos para sentencias judiciales.
- Un SRCP individual y anual, para una empresa o geólogo autónomo, con franquicia en caso de indemnización por daños, con un coste anual superior a los 6.000 euros, independientemente del número de estudios o proyectos realizados en el año, con menos prestaciones a mayor coste, dado que las compañías corren más riesgos económicos suscribiendo seguros individuales.

### ¿Hay más riesgos?

El colegiado no dispondrá de un paraguas de responsabilidad civil profesional por parte de los departamentos de visados y supervisados del ICOG, al carecer del control del cumplimiento de la normativa técnica aplicable.



Carencia de asesoría técnica y jurídica colegial, y por la compañía de seguros, asesoramiento jurisdiccional y en el nombramiento de peritos judiciales, en el caso de procesos judiciales.

Debido a la normativa de visados y supervisados, la no realización del visado y supervisado de

estudios y proyectos imposibilita al colegiado para recibir asesoría técnica y jurídica para nombramientos de abogados, procuradores y peritos judiciales.

Imposibilidad de asesoramiento y gestión por impago de honorarios profesionales y facturas de trabajos profesionales.

## Nueva Plataforma del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

# Geólogos - @

Para **empresarios, emprendedores** y **pymes**

La Plataforma Geólogos-e es una iniciativa del ICOG dirigida a las pymes y profesionales libres de la Geología. El objetivo de la plataforma es aglutinar a los geólogos que desarrollan su actividad profesional como empresarios y profesionales libres para aportarles desde el colegio formación y algunos medios que incrementen su capacidad empresarial y profesional. Abierta para geólogos y no geólogos.

- Información de interés general.
- Espacio físico para poder desarrollar reuniones o grupos de trabajo (sedes del Colegio).
- Espacio para potenciar su publicidad, a través de la Web del colegio.
- Una plataforma virtual que sirva de encuentro y puesta en común de estos profesionales a través de LinkedIn.
- Presentaciones o foros bimensuales.
- Un espacio abierto a las propuestas de los componentes de la Plataforma.

La Plataforma se presentó el pasado 24 de mayo en Madrid con la asistencia del presidente de la Confederación Empresarial de Madrid-CEOE. Ese mismo día se realizó la primera mesa-debate sobre financiación.

Las próximas actividades serán unas mesas-debate sobre:

- Morosidad.
- Internacionalización.
- Tecnologías de la información y las comunicaciones aplicadas a la gestión.
- Cooperación internacional.



## Geólogos - @

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos  
C/ Raquel Meller, 7. 28027 Madrid  
Tel.: 91553 24 03  
www.icog.es  
icog@icog.es

LinkedIn

[www.linkedin.com/groups?home=&gid=2348493](http://www.linkedin.com/groups?home=&gid=2348493)

# Por fin llega el agua potable al municipio de Conchagua (El Salvador)



El proyecto de abastecimiento de agua potable a varias comunidades del municipio de Conchagua (El Salvador) ha sido ejecutado por la ONG Geólogos del Mundo. Se describen las diversas etapas de trabajos que han dado origen al resultado final, comenzando con la descripción de la fase hidrogeológica, siguiendo a continuación con la de distribución y finalizando con el trabajo social realizado.

**TEXTO** | Jesús Garrido Manrique y Javier Reina Ortega, geólogos

**FOTOS** | Geólogos del Mundo

Palabras clave

**Abastecimiento de agua, Conchagua, El Salvador, hidrogeología**

A finales del pasado año 2009, Geólogos del Mundo finalizó el proyecto de abastecimiento de agua potable a las comunidades de La Brea, San Ramón, El Caribal y Los Monos, en el municipio de Conchagua (El Salvador). El proyecto reducirá la aparición de enfermedades gastrointestinales y de transmisión hídrica, minimizando los costos de atención en salud pública y los trabajos de acarreo de agua potable a las viviendas (generalmente por las mujeres), aumentando así la renta disponible en las familias.

Estas comunidades, en su mayoría campesinas y con escasos recursos económicos, se abastecían de fuentes o de pozos artesanales particulares de poca profundidad, generalmente con contaminación bacteriológica. En verano, muchos pozos se secaban y disminuía el caudal de las fuentes, por lo que parte de la población quedaba sin acceso al agua.

Las formaciones geológicas de la zona del proyecto son mayoritariamente de origen volcánico, pertenecientes a la Formación Bálsamo (Mioceno medio a Plioceno superior), aunque también afloran aluviales y/o coluviales cuaternarios. La fracturación principal es N-S.

El proyecto se ha realizado en dos etapas, la primera financiada por la fundación Nando Peretti, y la segunda financiada por la Comunidad de Madrid.

La primera etapa correspondió a la fase exploratoria, al equipamiento del pozo y construcción de un depósito. La segunda etapa a la distribución del agua y su gestión social.

## Primera etapa

El objetivo de la primera etapa fue la realización de un estudio hidrogeológico previo a la perforación del pozo. Para ello, se realizó un inventario de pozos, fuentes y nacimientos de agua para una caracterización inicial del recurso subterráneo. Posteriormente, se llevó a cabo un reconocimiento geológico de la zona y un estudio fotogeológico. Por



Figura 1. Ensayo de bombeo.

último, se realizaron varios sondeos eléctricos verticales y calicatas eléctricas en las zonas consideradas más propicias para realizar la perforación.

A la vista del dicho estudio, se perforó, mediante rotoperusión con martillo de fondo, un sondeo de reconocimiento de diámetro 6". Durante la perforación se estima que el caudal que sale del pozo es de unos 13 l/s a los 55 m. Más tarde,

se decide ensanchar el sondeo hasta la profundidad de los 57 m para convertirlo en pozo de explotación. Se perfora con diámetro de 12 3/4" con el mismo método, aunque puntualmente se perforó a rotación con lodos bentoníticos. No se pudo aforar a la profundidad final porque el caudal era tan alto que rebosaba por encima y alrededor de las tuberías de aforo sin poder contenerlo para realizar la



Figura 2. Aperturas de zanjas.

medición, pero a los 30 m se realizó un aforo y se obtuvo un caudal de unos 22 l/s. Al finalizar el sondeo se midió el nivel piezométrico a 15 m de profundidad.

La columna litológica obtenida fue: arcillas rojas hasta los 18 m; de 18 a 24 m una toba roja (con afluencia de agua), y basaltos, probablemente fisurados, desde los 24 m hasta el final del sondeo. Parece por tanto que existían dos acuíferos, uno superior libre (18-24 m), y otro inferior por fisuración. Todo ello está cortado a su vez, probablemente, por una falla intercomunicada con otra de mayor envergadura, lo que hace que haya una gran afluencia de agua.

El entubado se realizó teniendo en cuenta la litología y el aumento del caudal con la profundidad. Se optó por colocar tubería ranurada de PVC de 160 PSI y 8" de diámetro, de 18 a 27 m y de 33 a 51 m. El engravillado se realizó con grava lavada de granulometría heterogénea, entre 8 y 15 mm, y de litología mayoritariamente basáltica.

Por último, se realizó la limpieza y desarrollo del pozo mediante aire comprimido, con la

**Durante el aforo se tomaron muestras de agua para su análisis, resultando agua potable para su consumo, siempre que fuera adecuadamente clorada**

finalidad de eliminar los sedimentos finos y los restos del espumante utilizado durante la perforación. A continuación, se realizó el ensayo de bombeo (figura 1) para determinar las características hidrogeológicas y su caudal de explotación máximo, el cual se aproxima a los 30 l/s. Durante el aforo se tomaron muestras de agua para su análisis, resultando agua potable para

su consumo, siempre que fuera adecuadamente clorada.

Finalmente, se construyó un depósito de ladrillo de 75 m<sup>3</sup>, semienterrado, ubicado en La Brea, por ser el lugar topográficamente más elevado.

### Segunda etapa

Los objetivos de la segunda etapa, que comenzó en septiembre de 2008, fueron, por un lado, la ejecución de la red de distribución domiciliaria y la instalación de un sistema de saneamiento de aguas grises y, por otro, fortalecer la capacidad organizativa y de gestión del sistema de agua potable.

#### Red de distribución

El proyecto se diseñó para una población de unos 3.600 habitantes; estimación realizada a partir de la población actual de 2.100 habitantes, a 20 años, y fijando una dotación de 110 l/hab/día. Todas las obras han sido ejecutadas por los beneficiarios y dirigidas por personal de GM.

A partir del levantamiento topográfico se diseñó la red de distribución, tipo ramificada, con tuberías de PVC de 160 PSI, de diámetros entre 4" (tubería madre) y 1" (acometidas domiciliarias). La red dispone de válvulas para regular la distribución del agua y aislar el suministro de agua a sectores en caso de roturas en la red. Las acometidas domiciliarias cuentan con una arqueta de registro donde se ubica la válvula de control y el contador.

La tubería está situada en una zanja de unos 70 cm de profundidad, y una anchura que depende del diámetro de la tubería, con una cama de arena de 10 cm en el fondo de la zanja (figura 2). Una vez colocada la tubería se enterró con la tierra procedente de la excavación, libre de piedras, y compactada en tongadas de 15 cm.

También se ha instalado una bomba sumergible monofásica de 10 CV de potencia en el interior del pozo, y la tubería de impulsión de acero galvanizado de 4" de diámetro, junto con el árbol de descarga y cuadro de mando de la bomba en la caseta de bombeo. Asimismo, se ejecutó la instalación eléctrica para suministro de energía a la bomba sumergible y al interior de la caseta (cuadros de mando, luminarias y tomas de corriente). Además, se ejecutó la instalación eléctrica para la válvula de flotador del interior del depósito, para regulación automática de arranque y parada de la bomba en función del nivel del agua. A la salida del tanque se instaló un sistema de cloración.

#### Gestión social del agua

Se organizaron varias reuniones con representantes de cada comunidad para conformar los grupos de trabajo diario y la directiva de la Junta de Agua. Se formó una junta de seis hombres y

cinco mujeres, con representación proporcional de las tres comunidades.

Para fortalecer la capacidad organizativa y de gestión del sistema de agua potable se han llevado a cabo diversas capacitaciones a la Junta de Agua en materias técnicas, sistema de bombeo, eléctrico y cloración, además de capacitaciones administrativas, contables y jurídicas, para que el sistema sea realmente sostenible. Se desarrolló un foro con la participación de miembros de otros sistemas de agua para compartir experiencias e ideas de desarrollo.

La sensibilización de las comunidades sobre el control de consumo de agua, de la gestión de los desechos sólidos y aguas residuales, de la importancia del medio ambiente y de los recursos de los que disponen ha sido realizada a lo largo de todo el proyecto con reuniones en las comunidades (figura 3) y escuela. También se realizó una campaña de buenos hábitos higiénicos en el hogar (figura 4). Se ha creado un material popular que recoge las capacitaciones, material técnico y contable adaptado a un lenguaje comunitario.

También se realizaron cuatro asambleas generales de los beneficiarios del sistema para la aprobación de la Junta de Agua, los estatutos y el reglamento interno de la misma, además de servir como medio de información, de consultas y peticiones. La fase social concluyó con un evento de entrega del sistema, una vez terminado éste y verificada la potabilidad del agua.



Figura 3. Capacitación.



Figura 4. Higiene en el hogar.



## GEÓLOGOS DEL MUNDO

### Colabora con nosotros para...

- Prevenir y/o mitigar los efectos de los desastres naturales
- Buscar abastecimientos de agua subterránea
- Proyectos de desarrollo



### Hazte socio

Información: C/ Raquel Meller, 7  
Madrid 28027 - España  
Teléfono: 91 553 24 03 // Fax: 91 533 03 43  
[www.geologosdelmundo.org](http://www.geologosdelmundo.org)  
E-mail: [geologosdelmundo@icog.es](mailto:geologosdelmundo@icog.es)



# El Colegio de Geólogos apoya el premio San Viator a jóvenes estudiantes de la geología

El acto estuvo presidido por Cristina Garmendia, ministra de Ciencia e Innovación. El Instituto Doramas de Las Palmas de Gran Canaria se alzó con el premio "Futuros Geólogos" por su trabajo sobre tectónica de placas.

TEXTO | Manuel Recio. Europa Press

FOTOS | Colegio San Viator

Palabras clave

**Premios San Viator, Futuros geólogos**



Figura 1. De izquierda a derecha: Teofilo Losada, coordinador del premio San Viator, José Luis Barrera, vicepresidente del ICOG, Cristina Garmendia, ministra de Ciencia e Innovación, Luis Suárez, presidente del ICOG, Emilio Monasterio, director general del Colegio San Viator, Xavier Gisbert da Cruz, director general de Mejora de la Calidad de la Enseñanza (Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid), Jaume Vicens Barceló, director comercial Editorial Vicens Vives.

El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) entregó el pasado sábado 2 octubre el galardón "Futuros Geólogos" en el marco de la XVI edición de los Premios San Viator de Investigación en Ciencias y Humanidades. El acto, celebrado en la sede del Colegio San Viator en Madrid, estuvo presidido por la ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia (figura 1).

Los premios, convocados por el Colegio San Viator de Madrid, están dirigidos a alumnos de

bachillerato, secundaria y ciclos formativos de grado medio. Se dividen en diferentes categorías y tienen como objetivo fomentar el espíritu investigador y la creatividad de los estudiantes al mismo tiempo que ofrecen a los profesores un sentido práctico y experimental a su labor didáctica.

El ICOG lleva patrocinando estos premios desde hace cinco años con el deseo y objetivo de despertar vocaciones geológicas en los estudiantes

de secundaria y bachillerato de todo el territorio nacional. Luis Suárez y José Luis Barrera, presidente y vicepresidente del ICOG respectivamente, estuvieron presentes en la entrega de los diplomas ganadores "Futuros Geólogos" a los alumnos de 4º de la ESO del IES Doramas de Las Palmas de Gran Canaria, por su trabajo titulado "Teoría de la tectónica de placas: antecedentes, enunciado y consecuencias", dotado con 600 euros.



Figura 2. Comida de celebración. De izquierda a derecha: Luis Suárez, presidente del ICOG, Emilio Olías, director de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III, la mujer de Emilio Olías y José Luis Barrera, vicepresidente del ICOG.

El jurado multidisciplinar —presidido por Juan José de Damborenea, vicepresidente adjunto del Área Científico-Técnica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)—, seleccionó los trabajos ganadores de entre los 400 presentados, de los cuales un 46% pertenecía al área de Ciencias y un 54% al de Humanidades. En el jurado estuvo presente, representando al ICOG en el premio “Futuros Geólogos”, el colegiado Jesús Martínez Frías, que fue el encargado de hacer la selección de finalista de los trabajos geológicos. Martínez Frías, ex alumno del

colegio San Viator, viene realizando esta importante labor desde hace muchos años.

El 53,7% de los institutos y colegios participantes eran públicos, por un 46,3% de los privados y concertados. Por comunidades, Madrid con 83 centros educativos se sitúa a la cabeza, seguida por Cataluña (72), Andalucía (65), Castilla-La Mancha (31), País Vasco (28) y Canarias (24).

En la mesa de presidencia estuvieron las siguientes personalidades: Cristina Garmendia Mendizábal, ministra de Ciencia e Innovación, Juan José de Damborenea González, vicepresidente

## El jurado multidisciplinar seleccionó los trabajos ganadores de entre los 400 presentados, de los cuales un 46% pertenecía al área de Ciencias y un 54% al de Humanidades

adjunto del Área Científico-Técnica del CSIC (presidente del jurado del Premio San Viator de Investigación), Xavier Gisbert da Cruz, director general de Mejora de la Calidad de la Enseñanza (Consejería de Educación, Comunidad de Madrid), Eduardo Coba Arango, director del Instituto de Formación del Profesorado, Investigación e Innovación Educativa del Ministerio de Educación, Lourdes Arana Uli, directora general de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), Ministerio Ciencia e Innovación, Carlos Álvarez Izquierdo, director de la Fundación ICO, Emilio Olías Ruiz, catedrático y director de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, Ángel Algarra Paredes, vicedecano de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad San Pablo-CEU, Marta Arroyo González, vicerrectora de Estudiantes de la Universidad Europea de Madrid, Pilar Orgaz Medel, directora del Área de Educación y Formación de la Fundación REPSOL, Emilio Monasterio, director General del Colegio San Viator, Fernando Ordóñez Rodríguez, director técnico Coordinación Santander Universidades, y Jaume Vicens Barceló, director comercial de la editorial Vicens Vives.

Para finalizar el acto, intervino el coro de la Universidad Carlos III.

Terminado el acto académico, se sirvió un aperitivo en las dependencias del Colegio San Viator, en el que estuvieron presentes la ministra Garmendia, el resto de autoridades y todos los asistentes a la entrega de premios, tanto premiados como familiares y alumnos del centro.

### La comida de celebración

Como es habitual en estos premios, y una vez finalizados los actos en el colegio, los miembros del jurado se trasladaron a un restaurante para celebrar la entrega de los premios. Allí se encontraban además los patrocinadores de los premios, profesores del colegio y los directivos del mismo (figuras 2 y 3).



Figura 3. En el centro, Jesús Martínez Frías, miembro del jurado del premio “Futuros Geólogos”.



### Margarita Hernández Laille

Prólogo de Diego Núñez

Edita: UNED

Categoría: Ciencias Humanas y Sociales

Año 2010

476 páginas

ISBN: 978-84-362-6077-9

Precio: 22,48 euros

## Darwinismo y manuales escolares en España e Inglaterra en el siglo XIX (1870-1902)

En el Departamento de Historia de la Educación y Educación Comparada de la UNED se lleva a cabo desde 1992 una amplia investigación sobre los manuales escolares de los siglos XIX y XX (Centro de Investigación MANES). Se trata de un proyecto de carácter interdisciplinario e interuniversitario en el que colaboran diversas universidades españolas, europeas y latinoamericanas. Fruto del trabajo de todos esos años son los diversos títulos que han ido apareciendo en esta colección de la Universidad.

Este libro analiza la presencia de la teoría darwinista en la historia disciplinar de las Ciencias Naturales y en los manuales escolares de segunda enseñanza durante el último tercio del siglo XIX en España e Inglaterra. Asimismo, muestra cómo, cuándo y con qué valores se introdujo la teoría de Darwin por primera vez en las aulas españolas e inglesas, así como las resistencias que se opusieron al desarrollo de su enseñanza, la posición de las autoridades políticas y académicas, el papel de la Iglesia en ambos países y la postura que adoptaron en la enseñanza del darwinismo determinadas instituciones no dependientes de los correspondientes estados.

La obra se estructura en tres secciones. La parte preliminar está dedicada a la vida de Charles Darwin y a sus ideas religiosas y educativas, al viaje en el *Beagle*, y al proceso de construcción del *El origen de las especies*. En la primera parte se estudia la presencia del darwinismo en los manuales escolares de Ciencias Naturales de la alta Restauración española, analizando la influencia del positivismo y el papel de la Institución Libre de Enseñanza en la introducción del darwinismo en España y en los manuales escolares. La segunda parte se dedica al estudio de las ideas de Darwin en los libros de texto en Inglaterra antes y después de *El origen de las especies*, dedicando especial atención a la enseñanza de las Ciencias Naturales en las *Public Schools*. La obra concluye con un epílogo y unos anexos en los que se incluye, entre otras cosas, la relación completa de los manuales escolares, las editoriales y los autores analizados.

La obra se enriquece con un prólogo a cargo de Diego Núñez, uno de los máximos exponentes del positivismo y del darwinismo en España, en el que se describe el contexto intelectual en el que se produjeron los debates sobre la teoría darwinista en nuestro país, así como sus adhesiones y sus impugnaciones.

Este libro ha sido seleccionado por la UNED para participar en la convocatoria Primavera-Verano 2011, organizada por el Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX) y la Federación de Gremios de Editores de España (FGEE).

## DESARROLLO PROFESIONAL

los mejores profesionales  
de la geología a su alcance

## UN SERVICIO DE CALIDAD

procesos de selección,  
evaluación competencias,  
promoción interna,  
assesment center

## EL MEJOR EQUIPO

expertos en selección,  
geólogos profesionales, psicólogos

## NUESTRO OBJETIVO

promocionar actividades,  
servicios y estudios que faciliten  
el acceso al mercado laboral  
del colectivo profesional  
bajo un marco de  
responsabilidad social que apoye  
el desarrollo sostenible

# Colegio Oficial de Geólogos



# ¿Asentamientos? ¿Grietas en las paredes? **URETEK® ES LA SOLUCIÓN**



## VENTAJAS

- No invasivo: sin excavaciones ni obras de albañilería
- Económico
- Rápido
- No ensucia y no produce residuos
- Garantizado durante 10 años

# URETEK®

DEEP INJECTIONS

Método protegido por patente europea, para la consolidación del terreno con inyecciones de resina expansiva Uretek Geoplus® aplicable a todo tipo de estructura:

- Edificios históricos
- Torres
- Naves industriales
- Iglesias
- Viviendas
- Muros de contención
- Piscinas

Apto para todo tipo de suelos, tanto granulares como cohesivos y cualquier tipología de cimentación: zapatas aisladas, zapatas corridas y losas de cimentación construidas con cualquier material.

Visitas y presupuestos gratuitos en toda España\*



**URETEK**  
Soluciones  
Innovadoras S.L.U.

Llamada Gratuita  
**900 80 99 33**

[www.uretek.es](http://www.uretek.es)

PATENTE EUROPEA n. 0.851.064

\*Para presupuestos en Baleares y Canarias consultar condiciones