



Ilustre Colegio  
Oficial  
de Geólogos

# Tierra y Tecnología

REVISTA DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA • Nº 40 • SEGUNDO SEMESTRE DE 2011

- **CENA DE NAVIDAD 2011**
- **GEOÉTICA: UN RETO PARA LA DEONTOLOGÍA PROFESIONAL**
- **GEORRÁDAR EN EL SUBSUELO DE LA IGLESIA DE SAN FRANCISCO, LORCA**
- **EL CAMINO REAL DEL AZOGUE**



[ Aire ]

[ Agua ]

[ Tierra ]

[ Buderus ]

Captadores solares térmicos  
Captadores de tubo de vacío  
Kits fotovoltaicos  
Módulos de cogeneración  
Bombas de calor reversibles

## Especialistas en confort sostenible: sistemas eficientes e integrados

Líder mundial en calefacción, Buderus es una empresa responsable que ofrece soluciones para la utilización rentable y eficiente de las energías renovables.

Con los **captadores solares térmicos** Logasol y **tubos de vacío** Vaciosol de Buderus, más del 70% del agua caliente proviene de la energía solar. Los **kits fotovoltaicos** para conexión a red de Buderus, obtienen la electricidad con la mayor eficiencia. Los **módulos de cogeneración** Loganova, combinan a la perfección la generación de energía térmica y eléctrica de forma eficiente, consiguiendo ahorros de hasta un 40% en energía primaria.

Las nuevas **bombas de calor** Logatherm, climatizan y producen a.c.s. con alta eficiencia, aprovechando la energía inagotable de la tierra y del aire.



El calor es nuestro

[www.buderus.es](http://www.buderus.es)

**Buderus**



# Tierra y Tecnología

REVISTA DE INFORMACIÓN  
GEOLÓGICA  
Nº 40 • SEGUNDO SEMESTRE DE 2011

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**

ISAAC DÍAZ PARDO. AUTOR: LUIS SINDE.

## Sumario

- 2 • EDITORIAL
- 3 • ISAAC DÍAZ PARDO: IN MEMÓRIAM
- 4 • CENA DE NAVIDAD 2011
- 10 • GEOÉTICA: UN RETO PARA LA DEONTOLOGÍA PROFESIONAL
- 15 • GEORRÁDAR Y TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA CAPACITIVA PARA LA DETERMINACIÓN DE ANOMALÍAS GEOFÍSICAS EN EL SUBSUELO DE LA IGLESIA DE SAN FRANCISCO TRAS EL TERREMOTO DE LORCA
- 21 • EL CAMINO REAL DEL AZOGUE
- 28 • ARQUEOMETRÍA DE LA CERÁMICA ROMANA DE PAREDES FINAS: LA PRODUCCIÓN DE UN ALFAR EN LEÓN
- 33 • LA POLÉMICA DARWINISTA EN LOS MANUALES ESCOLARES DE CIENCIAS NATURALES DE SEGUNDA ENSEÑANZA DURANTE EL ÚLTIMO TERCIO DEL SIGLO XIX EN ESPAÑA E INGLATERRA
- 40 • EN EL CENTENARIO DE 'DIE ENTSTEHUNG DEL KONTINENTE' (1912). LA TEORÍA DE LA DERIVA CONTINENTAL DE ALFRED WEGENER Y SU RECEPCIÓN EN ESPAÑA
- 46 • LA PUERTA DEL PASADO GEOLÓGICO DE GALICIA SE ABRE EN QUIROGA
- 52 • GEOPARK NATURTEJO, BAJO LOS AUSPICIOS DE LA UNESCO
- 58 • *SUISEKI*, LAS PIEDRAS PAISAJE: UNA GEOLOGÍA EN MINIATURA
- 64 • EL COLEGIO DE GEÓLOGOS CONSIGUE 1.973 IMPACTOS EN Prensa DURANTE 2011, UN 173% MÁS QUE EL AÑO ANTERIOR
- 69 • MESAS REDONDAS DEL ICOG CON LOS PARTIDOS POLÍTICOS
- 73 • EL ICOG EN LA XI SEMANA DE LA CIENCIA DE MADRID
- 75 • VIII CONGRESO IBÉRICO DE GEOQUÍMICA Y XVII SEMANA DE GEOQUÍMICA
- 77 • LA ASOCIACIÓN DE CUEVAS TURÍSTICAS ESPAÑOLAS (ACTE) RECIBE LA PLACA DE ORO AL MÉRITO TURÍSTICO 2011
- 78 • XVII PREMIO SAN VIATOR DE INVESTIGACIÓN, COLEGIO SAN VIATOR MADRID
- 79 • RECENSIONES

## El que no sale en la foto no existe

En un mundo tan mediático como el actual, aquel que no sale en la foto no existe. Es una realidad, aunque no nos guste. Sólo parece tener valor aquello que recoge la prensa, para bien o para mal. Eso no quiere decir que las cosas que se hacen bien no tengan que destacarse y darse a conocer al público a través de los medios.

Siguiendo esa línea argumental, el Ilustre Colegio de Geólogos (ICOG) contrató desde hace dos años a Europa Press Comunicación para que fuera su Gabinete de Prensa. Desde ese momento, la presencia de noticias del ICOG ha aumentado considerablemente. Es habitual que muchos políticos o autoridades institucionales nos comenten que "los geólogos estáis en todas partes". Eso es señal de que nos hacemos muy visibles, una obligación institucional que tenemos que realizar.

Nosotros no ponemos los terremotos ni los volcanes, lo único que hacemos es transmitir a la población lo que son los riesgos y cómo habría que gestionarlos, porque sobre eso también habría mucho que hablar.

Durante el año 2011, el ICOG ha conseguido 1.973 impactos en prensa escrita, radio y televisión, relacionados principalmente con los terremotos de Japón y Lorca y con la erupción volcánica submarina de El Hierro. Es momento de mencionar el desastre del terremoto de Lorca, en el que se puso de manifiesto la dudosa calidad de la edificación del lugar y la falta de planificación urbanística: el hospital principal de la ciudad estaba encima de la falla. Igualmente quedó en entredicho la Norma Sismorresistente y la necesidad de su revisión ante aceleraciones sísmicas no previstas en la zona. Los geólogos tenemos mucho que decir sobre las condiciones geológicas y estructurales de la región murciana, a pesar de que alguien no lo entienda. No somos culpables de la ignorancia de una parte de la población.

De la erupción submarina en la isla de El Hierro, qué quieren que digamos. La gestión de la crisis ha dejado algunas dudas sobre cómo se ha realizado. Reconocemos que no es fácil coordinar una gestión de este tipo, sobre todo si la erupción es submarina y es la primera que se produce en Canarias en tiempos históricos. Pero de ahí a organizar el pequeño caos con desalojos de la población, en ocasiones tal vez inconvenientes, y tener que presenciar el

espectáculo público de descalificaciones entre algunos científicos, hay mucho que reflexionar. No hay que pasar por alto las condiciones constructivas y de seguridad que han quedado al descubierto en el famoso túnel de Los Roquillos, que une la capital Valverde con Frontera, evitando la carretera de la cumbre que, además de peligrosa (hay trincheras muy elevadas con peligro de desprendimientos), prolonga el viaje en media hora. La sismicidad en la zona de El Golfo, que llegó hasta magnitudes superiores a 4.0, reveló la vulnerabilidad del túnel, que tuvo que cerrarse al tráfico algunos días. Las claves del túnel se desprendieron en parte e hicieron su aparición las grietas en las paredes. Por si esto era poco, los desprendimientos de la enorme pared rocosa a la salida de la boca sur generaron un ambiente de peligrosidad que se sumó a la potencial erupción que estaba en ciernes en el mar de Las Calmas. Todo un despropósito. Siempre nos encontramos con lo mismo: problemas en la edificación o en las infraestructuras. Habría que revisar muchos aspectos de nuestra cultura constructiva y, sobre todo, de los procesos de control de calidad. El nuevo Gobierno, que ha creado bastantes esperanzas en la gestión futura del país, necesita conocer estas cosas que, periódicamente, crean una gran alarma social pero que pasan por temas secundarios. Parece que sólo cuenta llegar al déficit cero, pero, me pregunto, ¿qué haremos cuando hayamos alcanzado el famoso déficit cero y nos encontremos con 6 millones de parados? ¿Qué política va a rescatar a los miles de titulados superiores que se están marchando porque aquí no hay nadie que haga políticas de empleo? Toda una generación bien formada que se pierde para el desarrollo de España. Antes se marchaban los cerebros, ahora se van también los currantes.

Por último, hay que destacar el fallecimiento de un gran hombre, Isaac Díaz Pardo, un gran hombre cuyo obituario glosa en este número de la revista nuestro colegiado Juan Ramón Vidal Romaní. Díaz Pardo fue un intelectual galleguista que entendió, mejor que muchos políticos, la importancia de la geología en la sociedad actual, principalmente en Galicia, su feudo natal y empresarial. Gracias a él, no se desmanteló el Instituto Xeológico de Laxe en el año 1978, cuando falleció el hijo de Parga Pondal. Alojó el Instituto en la nueva Fábrica de Cerámica de Sargadelos (O Castro), en el municipio de Sada. Por esa labor permanente de apoyo a la geología, el ICOG le distinguió como miembro de honor del Colegio. Muchos Díaz Pardo necesita la geología española.

# Isaac Díaz Pardo: in memóriam

El pasado día 6 de enero de 2012 falleció a los 91 años de edad Isaac Díaz Pardo, miembro de honor del ICOG, más conocido como fundador de la empresa gallega de Cerámicas de O Castro-Sargadelos. La opinión pública generalmente asocia su figura al arte o a la porcelana de Sargadelos, pero los geólogos, sobre todo los que han trabajado en la geología del Hespérico o Varisco o en el noroeste de la Península Ibérica, lo conocen por su apoyo durante casi 30 años al estudio de la geología de Galicia y del Hespérico peninsular.

La historia comienza en 1979 cuando Isaac Díaz Pardo, enterado por el químico Carlos Baltar del estado anímico crítico de don Isidro Parga Pondal, creador del Laboratorio Xeolóxico de Laxe, quien a la vista de lo que él pensaba, olvido de la comunidad geológica hacia su persona y su trabajo, había decidido hacer desaparecer todos sus archivos bibliográficos y documentales reunidos durante sus más de 40 años de trabajo en Laxe (A Coruña). Al conocer de estas circunstancias, Isaac Díaz Pardo reaccionó inmediatamente organizando el traslado de todos esos fondos a la localidad de O Castro (Sada, A Coruña) para lo que acondicionó un amplio local que en los siguientes 30 años, y hasta el día de hoy, constituyen el nuevo Laboratorio Xeolóxico de Laxe. Allí, en el breve plazo de unos meses, se reorganizaron los archivos de documentos, se ordenó la biblioteca de Parga Pondal y se revitalizó la investigación geológica del noroeste ibérico, creando la revista *Cuadernos del Laboratorio Xeolóxico de Laxe* y promocionando los contactos entre los geólogos y mineros a través de las Reuniones de Geología y Minería del Noroeste Peninsular que se celebraron durante 15 años (entre 1980 y 1994) con periodicidad anual, pasando luego a tenerla bi o trianual.

En aquella primera etapa, las publicaciones geológicas en España pasaban por una cierta desactivación, lo que transformó *Cuadernos*, como todos los geólogos los llamaban, en prácticamente la única publicación española de geología que se editaba en España con regularidad anual, a veces hasta dos números anuales, aunque afortunadamente unos años más tarde la situación cambió disponiendo los geólogos de más y mejores vías de difusión de sus trabajos. Sin embargo, la publicación patrocinada ahora por Sargadelos y la Universidad de A Coruña continúa en activo (está en su número 37). Desde 1990, por una iniciativa del director del Laboratorio Xeolóxico de Laxe, apoyada nuevamente por Díaz Pardo, se completó la línea de publicaciones de la institución geológica gallega con la Serie Nova Terra dedicada a tesis doctorales sobre



geología gallega y del Hespérico, ahora en su número 41. Esta serie constituye el banco de datos más compacto y actualizado sobre geología del noroeste peninsular.

En 1994, la Universidad de A Coruña y el Laboratorio Xeolóxico de Laxe firmaron, también de nuevo gracias a la iniciativa de Díaz Pardo, un convenio de colaboración para realizar publicaciones científicas, enseñanza universitaria, investigación y divulgación de la Geología de Galicia, que culminan con la creación, en agosto de 1997, del Instituto Universitario concertado de Geología Isidro Parga Pondal, por decreto del Gobierno Autonómico de Galicia (DOG 243/1997, 156). También gracias al apoyo de Isaac Díaz Pardo se publicó en 1982 el *Mapa*

*Geológico del Macizo Hespérico*, una obra de síntesis de la Geología de Galicia y sus zonas limítrofes (España y Portugal). No podemos dejar de mencionar que más allá de su apoyo a todas las actividades del ahora Instituto Universitario de Geología "Isidro Parga Pondal" el trato del Dr. Isaac Díaz Pardo hacia los geólogos ha sido siempre de deferencia y de entusiasmo por todas las actividades realizadas para el mejor conocimiento geológico de Galicia. Con su muerte desaparece una referencia inolvidable para los geólogos europeos.

Juan Ramón Vidal Romani  
Director del Instituto de Investigación de  
Geología, Universidad de A Coruña

# Cena de Navidad 2011

**Texto** | Manuel Recio. Europa Press

**Fotos** | Irina Tamaracca. ICOG

En la tarde noche del 15 de diciembre, el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) celebró su tradicional cena de Navidad. Esta vez, por motivos de austeridad, el cóctel-cena tuvo lugar en la propia sede del ICOG, en la calle Raquel Meller, pero no por ello perdió encanto; es más, para muchos de los asistentes, la celebración en el ICOG les pareció mejor que la frialdad, a veces, de un salón público. Entre colegiados, invitados y distinguidos, el número de asistentes fue de 94 personas.

A media tarde, se ultimaban los preparativos finales del evento. Nunca se había celebrado este acontecimiento en la sede colegial y, por tanto, había que "inventárselo" todo. Un estupendo trío de jazz (*figura 1*), venido de la Escuela de Jazz de San Sebastián, amenizaba la velada. Poco a poco iban llegando los invitados y autoridades. Entre los destacados estaba el rector de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), José Carrillo. También José Ramón Mas Mayoral, decano de la Facultad de Ciencias Geológicas de la misma universidad; Salvador Ordóñez Delgado, rector de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo; Agustín Pieren Pidal, vicedecano de Postgrado y Relaciones Institucionales; y Sol López Andrés, exvicedecana de la UCM y directora del CAI de Técnicas Geológicas; y Antonio Goy, catedrático de Paleontología de la UCM. Igualmente, estaban presentes: Luis López Ruiz, director general de Desarrollo Estratégico y Relaciones Internacionales de ADIF; José María Pérez Revenga, director de CETREN, y Gonzalo Muzquiz, secretario técnico de UP.

La Junta de Gobierno del ICOG se encontraba al completo, el presidente, Luis Suárez; el vicepresidente, José Luis Barrera; Cristina Salski, vicepresidenta segunda, y el secretario general, Manuel Regueiro. También estaban el presidente de Geólogos del Mundo, Ángel Carbayo; la vicepresidenta de la Federación Europea de Geólogos y vocal del ICOG, Nieves Sánchez Guitián; la jefa de Secretaría, Fátima Camacho; el responsable de Administración y Calidad, Enrique Pampliega, y otros trabajadores y colegiados del ICOG.

Algunas delegaciones del ICOG estuvieron en el acto. Entre ellas se encontraban la del País Vasco, representada por su presidente, Miguel Ángel Gómez, y la de Cataluña, representada por su presidente, Joan Escuer, y Ramón Pérez Mir.

A la llegada de José Carrillo, le recibió en la puerta el presidente del ICOG, Luis E. Suárez.



*Figura 1. Trío de jazz amenizando la cena.*



*Figura 2. José Carrillo firmando en el libro de honor.*

Seguidamente, pasaron al despacho del presidente donde el rector firmó en el libro de honor (figura 2) y donde se hizo una foto con algunas autoridades asistentes (figura 3).

#### Comienzo del acto

A las 20:00 h, en el salón de actos, José Luis Barrera, en su calidad de presentador y moderador (figura 4), inauguraba el acto y aprovechaba para felicitar las fiestas a todos los asistentes mientras daba paso al presidente del ICOG, Luis E. Suárez (figura 5), quien tuvo una especial referencia para el antiguo Gobierno de la nación, "no han hecho totalmente los deberes". Se refirió también a que la vida laboral es una constante formación y a que el ICOG apuesta permanentemente por ello a través de la Escuela de Geología Profesional. Los asistentes escuchaban atentos la intervención del presidente (figura 6).

Igualmente, en esa línea, Suárez propuso que se realice un máster de acceso a las profesiones reguladas, "como ya ocurre en la abogacía". "En las profesiones de ciencias, el Gobierno no ha regulado las condiciones de los planes de estudios en función de las competencias necesarias para ejercer una actividad profesional regulada, como es la de geólogo, según establece el Real Decreto 1397/2007 sobre la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales", comentó.

Suárez también opinó que debe pasarse de un "modelo napoleónico de enseñanza a un modelo anglosajón", pero no sólo con el cambio del "catálogo de títulos universitarios oficiales al registro de título". "En España tenemos más de 500 másteres registrados."

El presidente recordó la propuesta del ICOG para la realización de un "Título de experto técnico en Geotermia" a la Universidad Complutense de Madrid y poder dar salida a una especialidad



Figura 3. De izquierda a derecha, Salvador Ordóñez, José Luis Barrera, Eumenio Ancochea, José Carrillo, Luis E. Suárez y Javier Ramos.



Figura 4. José Luis Barrera durante la presentación del acto.



Figura 5. Luis E. Suárez durante su intervención.



Figura 6. Los asistentes atentos a los discursos.



Figura 7. José Carrillo durante su intervención.



Figura 8. Cristina Sapalski durante su intervención.



Figura 9. José Antonio Zuazo recibe su título de eurogeólogo.



Figura 10. Juan Pablo Singer recibe su título de eurogeólogo.

profesional de futuro, sobre todo ahora que el planeta se plantea con más premura la búsqueda de energías limpias alternativas. En cuanto a las ofertas de empleo, Suárez indicó que algunos países suramericanos (por ejemplo, Chile) había pedido más de 100 profesionales en geología, por lo que, evidentemente, "hacen falta geólogos", apostilló.

Por último, Suárez apostó por una prueba de aptitud para los cargos públicos, porque no "todo el mundo vale para todo". "Es necesario hacer en la Administración Pública lo que es normal en la empresa privada", indicó. "Desde la política se debe fomentar la igualdad de oportunidades y la cultura del esfuerzo", apuntó el presidente del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.

Acabado su discurso, volvió a tomar la palabra José Luis Barrera para presentar al invitado de la noche, José Carrillo (figura 7), catedrático de Matemáticas y rector de la Universidad Complutense de Madrid, quien recordó que la institución que representa es la única que ofrece la carrera de Geología en toda la Comunidad de Madrid.

Asimismo, Carillo reivindicó el papel de la Universidad para generar riqueza, ya que gracias a la UCM vienen alumnos de fuera, con una estancia mínima de nueve meses, que alquilan viviendas, comen, dedican dinero al ocio, lo que contribuye a dinamizar la economía local de Madrid.

El rector de la Complutense, asimismo, comentó que para 2012 la Universidad tiene un presupuesto de 550 millones de euros; sin embargo, la institución genera un gasto en el entorno de más de 500 millones, que reporta un beneficio a la comunidad. En esta línea, recordó que "invertir en la universidad es invertir en futuro" y que él apuesta por la "universidad pública



Figura 11. Manuel Regueiro durante su intervención.

### Eumenio Ancochea Soto

Doctor en Ciencias Geológicas por la UCM. Especialista en vulcanología. Profesor contratado del Departamento de Petrología y Geoquímica de la UCM, hasta que consigue la Cátedra de Petrología y Geoquímica en la misma universidad. Ha sido vicedecano de Estudios de la Facultad de Ciencias Geológicas y, desde 1994 hasta 2011, fue decano de la misma facultad. Adjunto a la Coordinación en el Área de Ciencias de la Tierra de la ANEP. Presidente de la Conferencia de Decanos de Geología desde 2006 a 2009. Es académico correspondiente de la Real Academia de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales. Actualmente es vicerrector de la UCM.

### José Pedro Calvo Sorando

Doctor en Ciencias Geológicas por la UCM y catedrático del Departamento de Petrología y Geoquímica de la UCM. Especialista en la petrología, geoquímica, sedimentología y estratigrafía de depósitos continentales terciarios, ha sido director de ese departamento. Desde el año 2002 fue presidente de la Sociedad Geológica de España y, un año después, vicepresidente de la Comisión Nacional de Geología. Desde el año 2002 ocupó la Secretaría General de la Internacional Association of Sedimentologist. Ha sido director general del IGME desde 2004 hasta 2010.

### Javier Ramos Guallart

Arquitecto leonés que estudió en la Escuela de Arquitectura de Madrid (1981), especializándose en urbanismo. Desde 1984 hasta 1994 fue arquitecto del Servicio de Cultura de la Junta de Castilla y León. En el año 2005 fue nombrado director técnico del Programa de Restauración de Monumentos del Consorcio de Santiago de Compostela. Posteriormente fue director del Programa de Renovación Urbana en los Centros Históricos del Proyecto Finestra en Italia y Córcega. Su labor en la rehabilitación del casco antiguo de Santiago le valió el Premio Europeo de Urbanismo. Desde el año 2004 hasta la desaparición del Ministerio de Vivienda fue secretario general de dicho Ministerio.



Figura 12. Eumenio Ancochea recogiendo su distinción de colegiado de honor.



Figura 13. José Pedro Calvo recogiendo su distinción de colegiado de honor.

en una educación pública". El rector también habló de los "graves problemas de financiación" a los que debe enfrentarse la universidad en referencia a las subvenciones y a la escasa capacidad de recaudación. A ese respecto, consideró contraproducente subir el precio de las matrículas universitarias.

Hubo oportunidad para poner sobre la mesa el reto de futuro que supone el proceso de internacionalización en el que está envuelto la Complutense e hizo referencia al déficit que debe afrontar la institución académica para este año 2012, debido a un agujero de unos 145 millones de euros.

#### Entrega de títulos y distinciones

Una vez concluida la intervención del rector, Barrera requirió la presencia de Cristina Sapalski (figura 8), presidenta de la Comisión Nacional de la Comisión de Títulos, para hacer entrega de los títulos de eurogeólogos, de geólogos profesionales y de peritos (figuras 9 y 10). Los nuevos eurogeólogos son: José Antonio Zuazo Osimaga, Juan Pablo Singer Grisolia, Jesús Ángel Fernández Carrasco, Egoitz Larronda Echevarria, Manuel Prieto de Dios y Alberto Rivas y Hoyos.

Los nuevos peritos son: Juan Ramón Jiménez López y Egoitz Larronda Echevarria.

Finalizada la entrega de diplomas, Barrera solicitó la presencia del secretario del ICOG, Manuel Regueiro, quien tomó la palabra para presentar a los galardonados con las distinciones del ICOG de 2011 (figura 11). En primer lugar fue Eumenio Ancochea Soto (figura 12), vicerrector de Ordenación Académica de la Universidad Complutense de Madrid, quien recibió la distinción de colegiado de honor por su contribución al



Figura 14. Javier Ramos recogiendo su distinción de miembro de honor.



Figura 15. De izquierda a derecha, Cristina Sapalski, José Pedro Calvo, Javier Ramos, José Carrillo, Luis E. Suárez, Eumenio Ancochea, José Luis Barrera y Manuel Regueiro.

desarrollo del Colegio desde su puesto de decano de la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM. Ancochea, en su discurso, aprovechó para señalar que el ICOG y la universidad deben ir en la misma dirección, adaptando los planes de estudio al desarrollo de la actividad profesional.

La siguiente distinción de colegiado de honor fue para José Pedro Calvo Sorando (figura 13), exdirector del Instituto Geológico y Minero de España, por su constante ayuda y colaboración desde su cargo de director general del IGME a todas las actividades del ICOG dirigidas a los servicios colegiales. Calvo recordó la labor del IGME y apostó por el ICOG como canalizador de todas las inquietudes profesionales de los geólogos.

Por último, Javier Ramos Guallart (figura 14), exsecretario general del Ministerio de Vivienda, fue nombrado miembro de honor por su constante apoyo a todas las iniciativas llevadas a cabo por el Colegio de Geólogos en lo referente al Código Técnico de la Edificación, Ley del Suelo y a la defensa del visado obligatorio en los informes geotécnicos. Posteriormente, todos los distinguidos posaron para la foto oficial (figura 15).

Acabado el acto oficial llegó la hora del cóctel, donde en un ambiente distendido los invitados se repartieron por toda la sede del ICOG (figuras 16 a 23), tanto en la parte alta como en la planta baja, para charlar animadamente e intercambiar pareceres. Algunos, incluso, se arrancaron a cantar, como Nieves Sánchez Guitián (figura 24), y otros disfrutaron con los clásicos del jazz del trío musical que amenizaba la velada. Velada que se alargó hasta horas tempestivas de la madrugada por determinar. Hasta el año que viene.



Figura 16. De izquierda a derecha, Ramón Pérez Mir, Vicente Fabregat, Joan Escuer y Cristina Sapalski.



Figura 17. De izquierda a derecha, Roberto Rodríguez, José Luis González, José Luis Barrera, Ricardo García y Miguel Ángel Gómez.



Figura 18. Luis López (izquierda) y Manuel Regueiro.



Figura 19. El rector de la UIMP, Salvador Ordóñez (izquierda), y el presidente del ICOG, Luis E. Suárez.



Figura 20. De izquierda a derecha, José Luis Barrera, Manuel Recio y Rubén Marcos, de Europa Press, y Ángel Carbayo, presidente de Geólogos del Mundo.



Figura 21. De izquierda a derecha, Miriam Martín, Carlos de Miguel Ximénez de Embún, Carlos Duch y José Luis González.



Figura 22. De izquierda a derecha, Manuel Tena, Carlos Calvo y Raúl Mínguez.



Figura 23. Rafeal Varea (izquierda) y Antonio Madrigal.



Figura 24. Nieves Sánchez Guitián en plena actuación.

# Geoética: un reto para la deontología profesional

El Colegio Oficial de Geólogos ha sido una de las primeras corporaciones profesionales en el mundo que ha incluido los principios geoéticos en su código deontológico. La ciencia y la tecnología son fundamentales para comprender la naturaleza y el universo; sin embargo, las repercusiones sociales y humanas de nuestra actividad también requieren una aproximación geoética al mundo abiótico.

**Texto |** José Luis González, geólogo, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, e-mail: jlgonzalez@icog.es; y Jesús Martínez-Frías, geólogo, Centro de Astrobiología CSIC-INTA, asociado al NASA Astrobiology Institute, e-mail: jmfrias@cab.inta-csic.es.

Palabras clave  
**Geoética, deontología.**

El concepto de ética proviene del término griego *ethikos*, que significa “carácter”. Una sentencia ética es una declaración moral que elabora afirmaciones y define lo que es bueno, malo, obligatorio o permitido, en lo referente a una acción o una decisión. Uno de los autores fundamentales en el estudio de la ética fue Immanuel Kant, filósofo alemán de la Ilustración y padre de la filosofía moderna, a quien debemos varias obras acerca de cómo organizar las libertades humanas y los límites morales.

La ética se define como el estudio filosófico de los valores morales de la conducta humana. También engloba el conjunto de reglas y principios que rigen dicho comportamiento. Se divide en diversas ramas. Una de ellas es la ética aplicada, que se refiere a una parte específica de la realidad. Ejemplo bien conocido de ética aplicada es la bioética, que se dedica a proveer los principios para la correcta conducta humana respecto a la vida, así como del ambiente en el que pueden darse condiciones aceptables para la vida.

## Orígenes de la geoética

Menos conocida, pero no por ello menos importante, es la geoética, nacida en 1991 como conjunción de la ética y de la geología. Václav Nĕmec, vicepresidente para Europa de la Asociación de Geocientíficos para el Desarrollo Internacional (AGID) está considerado como el padre de esta disciplina. Para la determinación de este concepto, Nĕmec (2005) se inspira en las nociones de la ética empresarial, ámbito muy conocido por su esposa Lidmila Nemcova, profesora de Economía de la Universidad de Praga, dedicada a investigar problemas éticos aplicados a las Ciencias de la Tierra. En una línea conceptual similar, Szabó (1997) considera la hipótesis de Gaia y cómo los principios geoéticos deberían ayudar a respetar los límites de las perturbaciones de aquellos ecosistemas que tienen una importancia esencial para la supervivencia de la humanidad.



Figura 1. Fundamentos de la potestad disciplinaria y del control deontológico en los colegios profesionales.

A principios de los años noventa se produce un intenso debate sobre el significado etimológico del concepto de geoética, que se ha ido desarrollando desde diferentes aspectos teóricos, aplicados, metodológicos y educativos. Desde 1996, la geoética se ha incluido en congresos internacionales de geología. Con mayor regularidad ha habido reuniones internacionales en el seno de la prestigiosa Sección de “Geoética” del Simposio sobre Minería de Pribam (República Checa). Todos los expertos han estado de acuerdo en que la geoética debe integrar principios morales, con especial atención a la Tierra como referente geológico y tener en cuenta las diferentes implicaciones sociales, culturales y económicas.

La institucionalización de la geoética se inicia en 2004 mediante la formación de un grupo de trabajo sobre geoética, con el respaldo de la Asociación de Geocientíficos para el Desarrollo Internacional (AGID). En 2008, la geoética es incorporada por primera vez, bajo los auspicios de la AGID, en el programa oficial del 33 Congreso Internacional de Geología de Oslo. En 2009, uno de los autores de este artículo (J. M. F.) establece una página web dedicada a la geoética, en el contexto de las actividades que desarrolla AGID en España. Dicha página web es utilizada generalmente como la plataforma internacional para la geoética, e incluye entre sus noticias y

enlaces todos los boletines del *Geoethics News*, editado por Václav Nĕmec desde 2007. En 2011, se introduce por primera vez a la geoética como una de las áreas temáticas de la revista *Geosciences* (Martínez-Frías, 2011).

Por último, en octubre de 2011 se aprueba en Pribam (República Checa) la Declaración Internacional de Geoética (tabla 1), en el marco de la reunión científica de la AGID, con la asistencia de 60 representantes de 18 países, en donde uno de nosotros (J. M. F.) participa directamente como uno de los cinco miembros del Comité de Expertos que elabora la citada declaración (Nĕmec, 2011).

## Tabla 1. Declaración Internacional de Geoética formulada por la Asociación de Geocientíficos para el Desarrollo Internacional (Pribram, República Checa, octubre de 2011)

### Recomendaciones de la Declaración Internacional de Geoética

- Considerar la importancia de la geoética en el contexto de la necesidad de hacer frente a riesgos y catástrofes naturales como los ocurridos recientemente.
- Incorporar el enfoque geoético en nuevos aspectos legales (incluyendo la regulación de las políticas de seguros) e incluir sus principios en el pensamiento ético.
- Reforzar el vínculo entre geoética y los nuevos aspectos de educación en geociencias.
- Recomendar la inclusión de los temas geoéticos en los códigos deontológicos.
- Reforzar la vinculación con las actividades de la ingeniería minera.
- Resaltar la necesidad de buscar nuevas prioridades para lograr los Objetivos de Desarrollo del Milenio.
- Recomendar el establecimiento de vínculos para incorporar la geoética en cualquier actividad relacionada con el mundo abiótico.

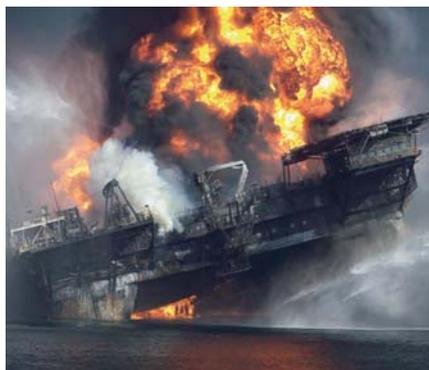


Figura 2. Accidente de la plataforma petrolífera Deep Horizon en el golfo de México.

El próximo Congreso Geológico Internacional, que se celebrará en Brisbane (Australia) en el año 2012, contará con un simposio y un *workshop* específico sobre geoética. En estas actividades, geólogos españoles del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) participan como promotores y co-organizadores.

Se ha propuesto la siguiente definición formal (Martínez-Frías, 2008): la geoética es una disciplina clave en el campo de las Ciencias de la Tierra y de las Ciencias Planetarias. Implica diferentes aspectos de carácter científico, tecnológico, metodológico y sociocultural (por ejemplo, sostenibilidad, desarrollo, museología), pero también la necesidad de considerar protocolos apropiados, problemas de integridad científica y códigos de buenas prácticas respecto al estudio del mundo abiótico. Los estudios sobre geología planetaria y astrobiología también requieren un enfoque geoético.

### Deontología profesional

Una de las diferencias cuando hablamos de "ética" y "deontología" es que la primera hace referencia a la conciencia personal, mientras que la segunda adopta una función de modelo de actuación en el área de una colectividad (Unión Profesional, 2009). Véase la tabla 2.

Cuando se habla de deontología profesional se entiende por tal los criterios compartidos por un colectivo profesional convertidos en un texto normativo, un código deontológico. La deontología profesional es una ética aplicada, aprobada y aceptada por un colectivo profesional, lo que entraña un conjunto de deberes que son mínimamente exigibles en el desempeño de una actividad profesional.

La principal función del código deontológico es servir de guía o advertencia para la conducta en situaciones específicas (Del Rosal, 2002). Un código debe ser diseñado fundamentalmente para inspirar, fortalecer y apoyar a los profesionales, pero también debe servir de fundamento para proceder contra los que actúan incorrectamente.



Figura 3. La Tierra desde el espacio.

Tabla 2. Diferencias entre ética y deontología

ÉTICA	DEONTOLOGÍA
Orientada al bien, a lo bueno	Orientada al deber
Carece de normas	Dispone de normas y códigos
Propone motivaciones, no es exigible	Exige actuaciones
Predomina la conciencia individual	Aprobada por un colectivo
Se preocupa por los máximos	Establece mínimos obligatorios

## La deontología profesional es una ética aplicada, aprobada y aceptada por un colectivo profesional

En contraposición con las normas legales, los códigos deontológicos no sólo prohíben conductas, sino que también poseen un carácter positivo, orientando a los profesionales en aras de conseguir las más altas cimas de la excelencia profesional (Lenk, 2007).

Entre los deberes y principios más habituales que se contemplan en los códigos deontológicos de los profesionales figuran todos aquellos relacionados con la independencia e imparcialidad, la honestidad e integridad, el secreto profesional, la competencia desleal y el intrusismo,

así como las relaciones entre compañeros, clientes y otros agentes profesionales.

Con menos frecuencia aparecen otros deberes vinculados, por ejemplo, con la responsabilidad social de los profesionales o con la necesidad de una formación permanente; más raro aún es encontrar en los códigos referencias concretas sobre compromisos relativos a la protección ambiental o a la gestión del territorio.

En el profesionalismo, la elaboración de normas deontológicas se deriva de la Ley de Colegios Profesionales, en donde se establece que corresponde a los colegios ordenar la actividad profesional de los colegiados, velando por la ética y dignidad profesional y por el respeto de los derechos de los particulares, ejerciendo la facultad disciplinaria en el orden profesional y colegial. La ley también señala que los estatutos de los colegios regularán, entre otras materias, el régimen disciplinario. En consecuencia, a partir de los estatutos del ICOG se establecen dos tipos de normas: las de régimen disciplinario y las deontológicas. Las primeras tienen un carácter punitivo, mientras que las segundas muestran directrices de conducta (figura 1).

En abril de 2011, la Asamblea General de Colegiados del ICOG impulsó una reforma del régimen disciplinario y deontológico de este colectivo para mejorar la eficacia y transparencia de los procedimientos, al tiempo que se procuraba conseguir una mayor protección de los intereses de los consumidores y usuarios. Todo ello en consonancia con los principios que proclama la Ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio (ley Ómnibus). Como fruto de esta revisión de la normativa del ICOG, se estableció un nuevo reglamento de procedimiento sancionador y se revisó profundamente el código deontológico (ICOG, 2011).

Uno de los rasgos más novedosos de esta reforma ha sido la inclusión de nuevas reglas que han de servir de guía e inspiración para el desarrollo de mejores prácticas en el trabajo profesional de los geólogos. Se han incluido deberes acordes con el desarrollo del mundo actual. Por ejemplo, la necesidad de exigencia de una formación continuada, el respeto a las normas de seguridad y salud en el trabajo o la incorporación de las sociedades profesionales como nuevos sujetos de la deontología. El geólogo tiene una responsabilidad profesional respecto al cliente, a sus compañeros y al Colegio, que debe ejercer de manera ética y limpia. Además, sus actuaciones pueden tener un gran impacto en la sociedad, en el medio ambiente y en el territorio.

El aspecto más innovador del código deontológico ha sido la introducción de un concepto amplio de geoética, basado principalmente en los principios de cautela, sostenibilidad, geoconservación y seguridad humana. La incorporación de estos valores implica que el geólogo debe tener en cuenta las necesidades éticas que se derivan de sus actuaciones en numerosos campos de actividad, tales como el aprovechamiento

<b>Tabla 3. Principios informadores de la geoética en el código deontológico del ICOG</b>	
<b>PRINCIPIOS</b>	<b>DEBERES DE LOS GEÓLOGOS RELACIONADOS CON LA GEOÉTICA</b>
<b>Principio de cautela</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe ser consciente de la importancia de los avances científicos y técnicos para la humanidad, ya que abren posibilidades que suponen grandes progresos, pero también pueden conllevar riesgos y dilemas éticos que han de ser considerados.</li> </ul>
<b>Sostenibilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe procurar mantener una visión global e integral en la solución de los problemas que afectan al planeta.</li> <li>• Debe considerar en sus actuaciones el aprovechamiento racional de los recursos naturales y las exigencias de la sociedad en materia de medio ambiente, evitando la transferencia de productos indeseables al medio natural.</li> </ul>
<b>Geoconservación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En las actividades de reconocimiento e investigación de materiales y procesos geológicos, debe procurar la preservación de rocas o afloramientos que puedan representar un registro único de los procesos ocurridos en la naturaleza.</li> </ul>
<b>Seguridad humana</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe aportar todo su conocimiento y capacidades en la mitigación de riesgos naturales, dando prioridad a las estrategias preventivas.</li> <li>• Debe procurar garantizar la seguridad de personas y bienes, y la protección del medio ambiente.</li> <li>• Debe cooperar con responsabilidad y diligencia con las autoridades públicas competentes en situaciones de riesgo y colaborar en la transmisión de información a la sociedad, utilizando con seriedad, objetividad y rigor los datos científicos.</li> <li>• Debe valorar el papel determinante de los factores geológicos en la lucha contra la pobreza y, en su caso, contribuirá con sus conocimientos a la mejora sostenible de las condiciones de vida de las sociedades más vulnerables.</li> </ul>

de los recursos naturales, la explotación de recursos minerales, la protección de la geodiversidad, la mitigación de los riesgos naturales, la cooperación al desarrollo o la exploración de determinados entornos terrestres y planetarios.

La geoética se manifiesta en la deontología geológica a través de los cuatro principios enunciados anteriormente (*tabla 3*) y que vamos a comentar a continuación.

**Principio de cautela**

El principio de cautela o de precaución se aplica en situaciones en las que existe una falta de certeza

científica y una presunción de la existencia de riesgo. También han de concurrir los requisitos de gravedad y urgencia. La aplicación de este principio requiere que las actuaciones sean proporcionadas al riesgo y han de ser coherentes con las adoptadas en situaciones similares. Además, es preciso que se realice un análisis de las ventajas e inconvenientes que pueden derivarse si se adoptan o no dichas actuaciones, incluyendo sus repercusiones socioeconómicas y ambientales.

Un ejemplo de actuación basada en este principio es la moratoria decidida en el año 2010 por la Administración de Obama. A consecuencia del accidente de la plataforma *Deep Horizon* (*figura 2*), se prohibió la instalación de nuevas plataformas de petróleo en aguas profundas en la parte oriental del golfo de México y frente a las costas del Atlántico y en el Pacífico para los próximos siete años.

En relación con el principio de cautela, el código deontológico del ICOG proclama que el geólogo tiene la obligación de ser consciente de la importancia de los avances científicos y técnicos para la humanidad, y de sus responsabilidades sociales en el desempeño de la actividad profesional. Estos avances abren posibilidades que suponen grandes progresos, pero también pueden conllevar riesgos y dilemas éticos que han de ser considerados.

**Principio de sostenibilidad**

Este principio se aplica al desarrollo socioeconómico. Fue formalizado por primera vez en el Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de



Figura 4. Fraude de cráter de impacto en Letonia.



Figura 5. Tsunami de Japón ocurrido en 2011.

Naciones Unidas para promover el desarrollo sostenible. Su definición fue asumida posteriormente en la Cumbre de Río (1992), en los siguientes términos: “Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”.

En la actualidad, el concepto de sostenibilidad es una de las ideas impulsoras de la denominada Carta de la Tierra, promovida en el entorno de Naciones Unidas. Esta Carta constituye una declaración de principios éticos fundamentales para construir una nueva sociedad basada en la justicia, la sostenibilidad y la paz, en un momento especialmente crítico para la supervivencia. Trata de promover un nuevo sentimiento de gobernanza global y de responsabilidad compartida por todos los seres humanos, desde la convicción de que no somos dueños del planeta sino que formamos parte de él (figura 3).

En el código deontológico de los geólogos se reafirma la obligación de velar por un desarrollo económico y social que satisfaga las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras. El geólogo debe procurar mantener una visión global e integral en la solución de los problemas que afectan al planeta. Para ello, debe considerar en sus actuaciones el aprovechamiento racional de los recursos naturales y las exigencias de la sociedad en materia de medio ambiente, evitando la transferencia de productos indeseables al medio natural.

### Geoconservación

Por conservación del medio natural se entiende, de manera general, el conjunto de medidas y acciones encaminadas a mantener o recuperar el valor natural de un determinado lugar o elemento natural. Cuando se refiere específicamente a

elementos geológicos se suele denominar geoconservación, que presenta ciertos matices particulares al tratarse de elementos abióticos no renovables (Carcavilla *et al.*, 2007).

La geoconservación se asienta sobre el principio de que tanto el patrimonio geológico como la geodiversidad son valores que poseen un valor intrínseco y una fragilidad que los hace vulnerables. Ello ha motivado la promulgación de una extensa legislación nacional y autonómica, que regula diferentes modalidades de protección. Por ejemplo, en la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad se recogen los principios básicos que inspiran el régimen jurídico del concepto de patrimonio geológico como el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar los siguientes aspectos:

- El origen y evolución de la Tierra.
- Los procesos que la han modelado.
- Los climas y paisajes del pasado y del presente.
- El origen y evolución de la vida.

Sin embargo, la importancia de los valores que están en juego hace necesario tener en cuenta otros enfoques que vayan más allá de la protección que contempla el derecho común. La geotética puede contribuir de forma complementaria a inspirar nuevas reglas deontológicas para reforzar la protección de la geodiversidad, incluyendo el ámbito de los meteoritos y de la exploración planetaria.

Casos tales como la cuestionable praxis en el tráfico de algunos meteoritos, la confusión

intencionada por algunos de los conceptos de bólico y meteorito, o la utilización engañosa de un supuesto cráter de impacto relacionado con la falsa caída de un meteorito en Letonia (figura 4), son ejemplos concretos que describen la importancia de contar con una regulación deontológica que contemple estos y otros temas éticos relacionados con la geoconservación.

A este respecto, el código deontológico del ICOG destaca que el geólogo debe tener en cuenta las necesidades éticas de protección de la geodiversidad y del patrimonio geológico. Para ello, en las actividades de reconocimiento e investigación de materiales y de procesos geológicos, ha de procurar la preservación de rocas y afloramientos que puedan suponer un registro único de los procesos ocurridos en la naturaleza.

### Seguridad humana

Esta atañe a la seguridad de las personas y de las comunidades más que a la seguridad de los estados. La idea de la seguridad humana fue divulgada por primera vez en el Informe sobre Desarrollo Humano de 1994, del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El informe presentaba siete elementos clave, cuya articulación conjunta dio origen al concepto de seguridad humana y a sus diferentes componentes: seguridad económica, seguridad alimentaria, seguridad en materia de salud, seguridad ambiental, seguridad de las personas, seguridad de la comunidad y seguridad política.

Este punto de vista pone el acento en la interrelación entre los diferentes tipos de seguridad y, en particular, sobre la importancia del desarrollo. En nuestra opinión, es muy importante resaltar tanto la seguridad de las personas como el carácter global de la seguridad en sus diferentes facetas (económica, ambiental, sanitaria, etc.). Se debería definir una noción de “seguridad geológica”, que incluiría la aportación de la geología en numerosas dimensiones de la seguridad (González, 2011).

Después del terremoto y tsunami de Japón de 2011, en la región de Tohoku (figura 5), o de otros eventos de gran impacto, como la erupción del volcán Eyjafjajayökull en Islandia, o el terremoto de Haití, en el mundo se es más consciente del enorme desafío que plantean los riesgos naturales. Millones de personas pueden estar amenazadas en un futuro cercano. Como ha señalado Václav Němec, es necesario que los riesgos naturales sean considerados el problema primordial de la geotética.

El código deontológico del ICOG dedica dos apartados diferentes a los deberes vinculados con la mitigación de riesgos naturales y a la geología humanitaria. En un primer apartado se especifica que el geólogo debe aportar todo su conocimiento y capacidades en la mitigación de riesgos naturales, dando prioridad a las estrategias preventivas,

ya ha de procurar garantizar la seguridad de personas y bienes, así como la protección del medio ambiente. Cuando se le requiera, cooperará con responsabilidad y diligencia con las autoridades públicas competentes en situaciones de riesgo y, en su caso, colaborará en la transmisión de información a la sociedad, utilizando con seriedad, objetividad y rigor los datos científicos.

En otro segundo apartado, el código deontológico proclama el deber de los geólogos de valorar el papel determinante de los factores geológicos en la lucha contra la pobreza y, en su caso, la

necesidad de contribuir con sus conocimientos a la mejora sostenible de las condiciones de vida de las sociedades más vulnerables.

### **Conclusión**

La geoética es un nuevo referente para fortalecer la relación equilibrada del hombre con la Tierra y también en su proyección astrogeológica para la exploración e investigación planetaria. Ha comenzado a configurarse como una demanda propia y genuina de las sociedades avanzadas. Su objetivo es propiciar una actitud ética apropiada hacia el conjunto

de las geociencias y realizar un análisis crítico de los dilemas éticos y de la forma de resolverlos.

En España, el Colegio Oficial de Geólogos ha sido una de las primeras corporaciones profesionales en el mundo que ha incluido los principios geoéticos en su código deontológico. Lo ha hecho en el convencimiento de que la ciencia y la tecnología son fundamentales para comprender la naturaleza y el universo, pero las repercusiones sociales y humanas de nuestra actividad también requieren una aproximación geoética al mundo abiótico.

### **Bibliografía**

- Carcavilla, L.; López-Martínez, J. y Durán, J. J. (2007). *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Instituto Geológico y Minero de España. Serie *Cuadernos del Museo Geominero*, nº 7. Madrid. 360 pp.
- Del Rosal, R. (2002). *Normas deontológicas de la abogacía española*, Civitas, 232 pp.
- González, J. L. (2011). La geología como parte de la seguridad. *Revista Guardia Civil*, nº 804, 111-113.
- ICOG (2011). Código Deontológico del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, [http://www.icog.es/\\_portal/vu/codigo\\_deontologico\\_ICOG.pdf](http://www.icog.es/_portal/vu/codigo_deontologico_ICOG.pdf)
- Lenk, H. (2007). *Global TechnoScience and Responsibility*. Lit Verlag, 416 pp.
- Martínez-Frías, J. (2008). Geoethics: proposal of a geosciences-oriented formal definition planetary perspectives. Tierra: Spanish Thematic Network of Earth and Sciences. [http://tierra.rediris.es/documentos/Geoethics\\_Tierra\\_Network\\_2008.pdf](http://tierra.rediris.es/documentos/Geoethics_Tierra_Network_2008.pdf)
- Martínez-Frías, J. (2011). Geosciences: An Open Access Journal on Earth and Planetary Sciences and their Interdisciplinary Approaches. *Geosciences*, nº 1, 1-2.
- Němec, V. (2005). Developing Geoethics as a new discipline. <http://www.bgs.ac.uk/agid/Downloads/VN05Geoethics.pdf>
- Němec, V. (2011). [http://tierra.rediris.es/Geoethics\\_Planetary\\_Protection/Newsletter/GeoethicsNews1130c.pdf](http://tierra.rediris.es/Geoethics_Planetary_Protection/Newsletter/GeoethicsNews1130c.pdf)
- Szabó, S. (1997). Geoetika a jej princípy. *Acta Montanistica Slovaca Rocník*, nº 2, 4, 347-350.
- Unión Profesional (2009). *Deontología profesional: los códigos deontológicos*, 40 pp.

**miravé**  
CLÍNICA DENTAL

Haremos que tu sonrisa sea la que siempre has soñado

## Promoción Especial

para el Colegio de Geólogos y familiares directos

### Servicios Gratuitos:

- Visita (consulta y 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

**Últimos servicios:** ortodoncia invisible, detección de cáncer oral.

**Servicio de Urgencias**

Con presencia de dentista  
24 horas/365 días

Miravé Tuset - Tuset, 36, bajos - Barcelona 08006  
Miravé Travessera - Trav. de Gràcia, 71, bajos - Barcelona 08006  
[www.clinicamirave.es](http://www.clinicamirave.es) · [sap@clinicamirave.es](mailto:sap@clinicamirave.es) · Tel. 932 176 889

# Georrádar y tomografía eléctrica capacitiva para la determinación de anomalías geofísicas en el subsuelo de la iglesia de San Francisco tras el terremoto de Lorca

Se ha realizado una campaña de prospección geofísica en la iglesia de San Francisco, en Lorca (Murcia), tras el episodio sísmico ocurrido en esta ciudad el pasado 11 de mayo de 2011. El objetivo de esta investigación ha sido determinar la existencia de anomalías de resistividad en el subsuelo de la citada iglesia, indicativas de la presencia de irregularidades que pudieran haber afectado a la cimentación de la misma.

**TEXTO** | Jacinto Sánchez Urios, geólogo, colegiado ICOG nº 955. Almudena Sánchez Sánchez, geóloga, colegiada ICOG nº 4.177 y Rubén Sánchez Marín, geólogo, colegiado nº 6.005. Basalto Informes Técnicos, S.L.

Palabras clave

**Geofísica, tomografía eléctrica, OhmMapper, georrádar (GPR), terremoto, Lorca.**

Para la investigación de existencia de anomalías de resistividad en el subsuelo, Basalto Informes Técnicos, S.L. ha utilizado dos métodos no destructivos: georrádar (GPR) y tomografía eléctrica, sin electrodos, mediante el equipo OhmMapper. El uso combinado de estas dos técnicas geofísicas se ha revelado como un instrumento muy útil y resolutorio en investigaciones en zonas urbanizadas y se ha podido constatar que se trata de métodos complementarios. En una fase posterior de la investigación se han comprobado los resultados obtenidos en la campaña de geofísica mediante métodos mecánicos (sondeos mecánicos y ensayos de penetración dinámica).

Los métodos de prospección geofísica empleados han detectado, entre otras anomalías, una cripta, cuya existencia se ha constatado con métodos mecánicos. Los resultados de la investigación realizada han permitido determinar que no existen irregularidades destacables en el subsuelo que puedan afectar a la cimentación de la iglesia.

## Introducción y objetivos del estudio

Tras los terremotos de magnitud 4,5 y 5,1 ocurridos en Lorca (Murcia) el pasado 11 de mayo de 2011, se han producido importantes patologías en los edificios, destacando, por su importancia artística, los daños en el patrimonio histórico de la ciudad. La iglesia de San Francisco es un templo del siglo XVI (construcción entre 1561-1735), de estilo barroco (*figura 1*), que alberga una de las muestras más importantes de retablos de este estilo en la región de Murcia.

Mediante esta investigación se ha pretendido comprobar la posible existencia de anomalías geofísicas (eléctricas y electromagnéticas) que indiquen la presencia en el subsuelo de zonas más porosas o huecos originados por el movimiento sísmico. La campaña de prospección geofísica propuesta es una fase preliminar de una investigación posterior mediante ensayos mecánicos que se realizarán en aquellos puntos en los que se detecten las anomalías más representativas y permitirán comprobar la naturaleza de las mismas.



*Figura 1. Iglesia de San Francisco.*

Los métodos de prospección geofísica son métodos no destructivos que permiten caracterizar el terreno a través de medidas de propiedades físicas de los materiales que constituyen el subsuelo en superficie. Concretamente, en esta campaña, se ha optado por combinar dos métodos eléctricos y electromagnéticos de investigación: georrádar o radar de penetración terrestre y tomografía eléctrica capacitiva con el equipo OhmMapper, sin electrodos, dado que la zona de investigación estaba totalmente urbanizada (aceras, enlosados, etc.), lo que impedía clavar ningún tipo de dispositivo de medida.

Esta campaña de investigación también ha tenido como objetivo secundario comprobar el grado de complementariedad existente entre los dos métodos geofísicos empleados.

## Georrádar

El georrádar o Ground Penetration Radar (GPR) es una técnica no destructiva empleada en investigaciones poco profundas del subsuelo, obteniéndose resultados muy buenos en la localización de objetos enterrados y cartografía del subsuelo.

Es un método de prospección geofísica que se basa en la emisión al terreno de pulsos electromagnéticos de escasa duración (1-20 ns) mediante una antena emisora apantallada de frecuencia variable (entre 25 MHz y 2 GHz) en función de la profundidad de investigación. Existe una relación inversa entre la profundidad de investigación y la frecuencia de la antena. El hecho de que las antenas sean apantalladas permite un mejor control del ruido y de las reflexiones



Figura 2. Perfil de georrádar en la iglesia de San Francisco.

desde el aire dirigiendo las ondas emitidas hacia el interior del subsuelo y evitando que éstas se disipen en todas las direcciones. De igual forma, las antenas apantalladas permiten una alta calidad de la imagen radar con un alcance en profundidad variable entre 5 y 10 m.

Cuando la onda radiada al subsuelo halla heterogeneidades en las características electromagnéticas del terreno, como contactos litológicos, fracturas, huecos, elementos metálicos, estructuras enterradas, etc., parte de la energía se refleja a la superficie y parte se refracta hacia profundidades mayores. La señal reflejada es recibida por una antena receptora, similar a la antena emisora, en superficie, y debe ser amplificada, transformada al espectro de la audiofrecuencia y registrada.

La propagación de las ondas en el subsuelo está determinada por las propiedades electromagnéticas características de los materiales: conductividad, permitividad dieléctrica y permeabilidad magnética, de manera que las reflexiones de las ondas se producen debido a los contrastes de dichas propiedades.

Como se ha dicho anteriormente, el georrádar es un método no invasivo que no requiere de la realización de ningún tipo de excavación. No se necesita establecer contacto físico entre los electrodos y el medio a auscultar, por lo que se puede aplicar fácilmente a cualquier tipo de ambiente.

El equipo de georrádar está formado fundamentalmente por:

- *Unidad central.* Controla los tiempos de envío de señales eléctricas que son convertidas en electromagnéticas por la antena emisora y recibe las señales reflejadas en forma de registros de radargramas.

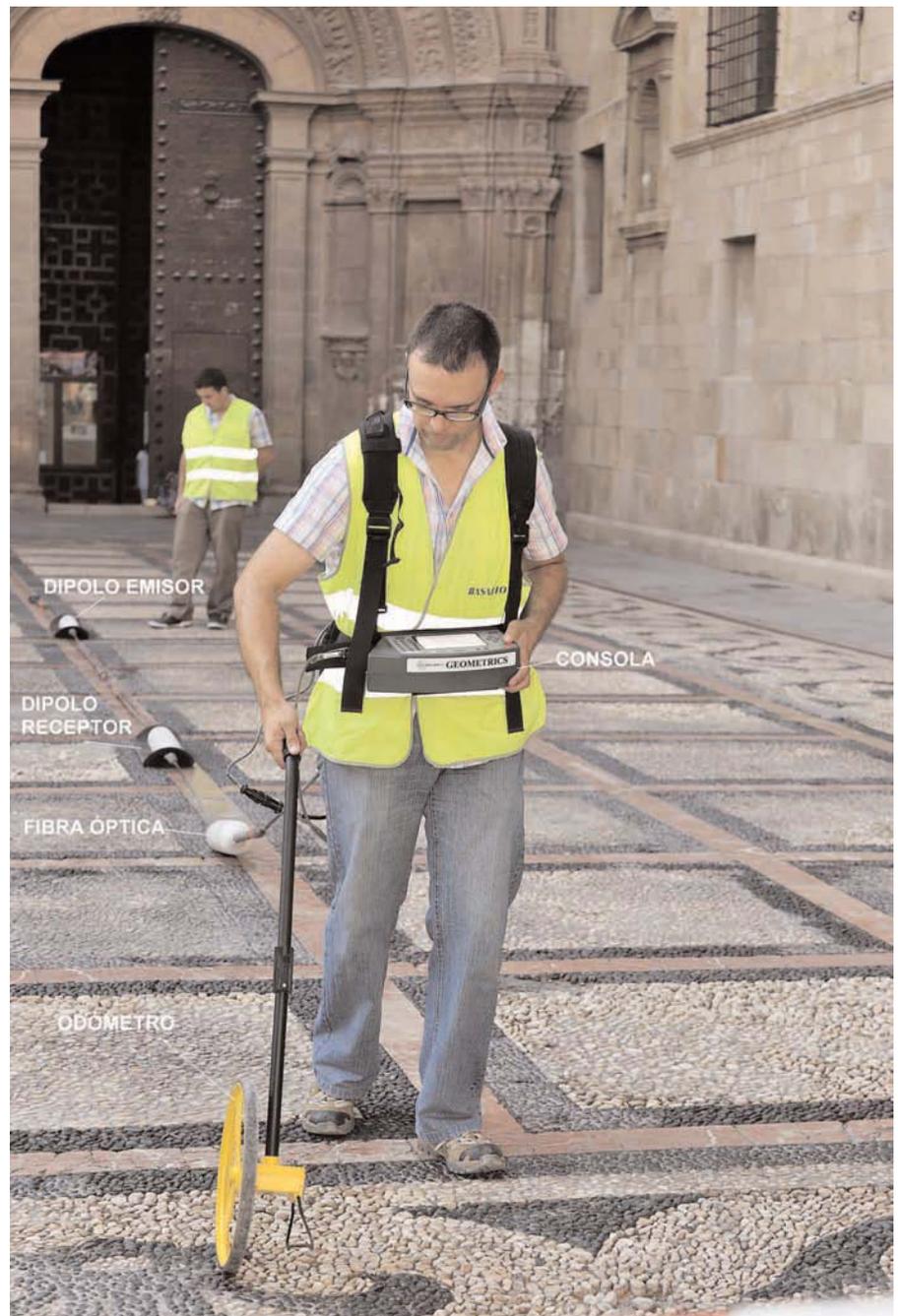


Figura 3. Equipo de tomografía eléctrica OhmMapper, durante la realización de un perfil.

- *Antena emisora.* Transforma los impulsos eléctricos que recibe de la unidad central en ondas electromagnéticas de corta duración que se emiten hacia el medio que se quiere estudiar.
- *Antena receptora.* Capta la energía reflejada y transformada en pulsos eléctricos que envía a la unidad central.
- *Ordenador portátil.* Incorpora un software de registro de la señal electromagnética que permite la visualización del perfil de georrádar en tiempo real.
- *Odómetro.* Rueda conectada a la antena.

El procedimiento operativo consiste en un barrido sistemático de la superficie a lo largo de

una línea. Durante el desplazamiento se emiten gran cantidad de pulsos por segundo (entre 1 y 100 pulsos), de manera que se obtiene un perfil, que se puede considerar continuo por la cantidad de trazas que se obtienen, en el que se indica el tiempo total de viaje de una señal al pasar a través del subsuelo, reflejarse en una heterogeneidad y volver a la superficie, medido en nanosegundos. Este gráfico distancia/tiempo se conoce como radargrama.

Los registros que se obtienen son similares a los obtenidos cuando se realizan estudios de sísmica de reflexión, con la diferencia de que, en el caso del georrádar, se trabaja con frecuencias mucho más altas y la emisión de pulsos se puede realizar muy rápidamente.

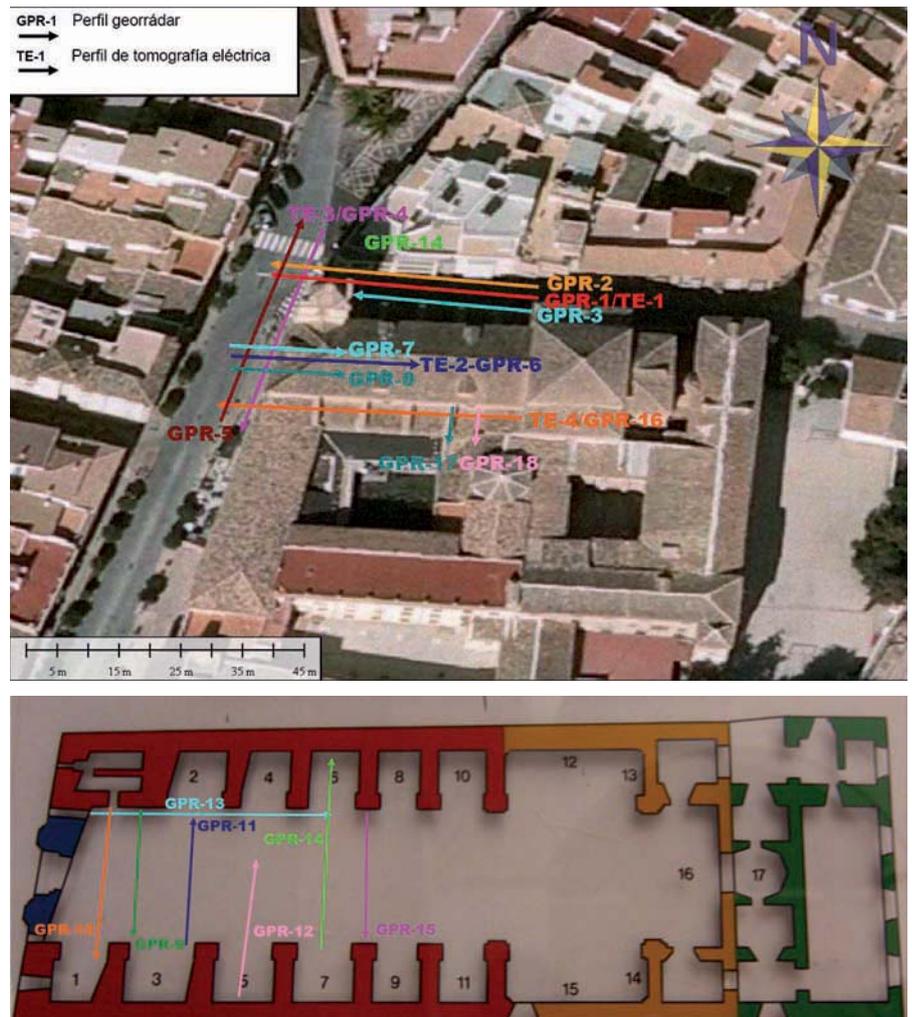
La selección de la frecuencia de las antenas, para un estudio determinado, es función del compromiso entre la resolución y la penetración. Las frecuencias elevadas son más resolutivas a poca profundidad, mientras que las de baja frecuencia son más penetrativas y tienen menor resolución. En esta investigación se ha empleado una antena de 500 MHz, monoestática y aislada, lo que nos ha permitido alcanzar profundidades de investigación del orden de 5 m.

La interpretación de los registros de georrádar se basa, normalmente, en la caracterización de la textura, amplitud, continuidad y terminación de las reflexiones. De hecho, el buen funcionamiento del georrádar está limitado por diversos factores como la atenuación de las ondas irradiadas, ruidos (debidos a objetos superficiales, cableado eléctrico tanto aéreo como enterrado, interferencias por otros tipos de ondas electromagnéticas, etc.) o ruidos instrumentales. Por ello, resulta imprescindible, antes de interpretar cualquier tipo de datos de georrádar, realizar un procesamiento de los mismos, con el objeto de mejorar la imagen, aumentar la resolución, etc.

En el procesamiento de datos del georrádar, dado que se trata de un método geofísico indirecto, se deben tener muy en cuenta las características a investigar y el entorno geológico.

En el procesado de los datos de georrádar se pueden diferenciar tres etapas:

- **Pre-procesado.** Esta etapa consiste en la aplicación de filtros horizontales y verticales, tanto de paso alto como de paso bajo, que nos permiten eliminar las frecuencias que son demasiado altas o demasiado bajas en relación al rango de frecuencias de nuestros datos. Además, se debe calcular la velocidad de propagación de las ondas de georrádar en el terreno, lo que nos permitirá transformar los datos de tiempo de llegada a profundidad y, así, definir la profundidad real a la que se encuentra el elemento que ha generado la reflexión de la onda.
- **Ganancia.** A medida que la señal de georrádar va penetrando en el subsuelo sufre una atenuación que se puede corregir aplicando ajustes de ganancia a cada una de las trazas. Se pueden aplicar filtros de ganancia lineal y exponencial o direccional, en función del objeto del estudio.
- **Filtrado.** Esta etapa permite eliminar o, al menos, reducir el ruido provocado por elementos no procedentes de la geología. Determinar qué filtro aplicar en cada caso dependerá de los objetivos perseguidos y de la calidad de la señal obtenida en campo, ya que un mismo filtro puede ser muy útil en unos casos e inútil en otros. En cualquier caso, a menudo es la propia experiencia del técnico que interpreta los



Figuras 4 y 5. Planos de situación de la investigación realizada en el interior y en el exterior de la iglesia de San Francisco (georrádar y tomografía eléctrica, TE).

radargramas la que determina el tratamiento más adecuado de la señal. De entre todos los filtros existentes, el DC-shift (filtro de continua o "dewow") debe emplearse siempre para eliminar las componentes de continua de la

traza, que suponen un desplazamiento de la amplitud de la misma. Además, los filtros Delete Mean Trace y FIR se usan frecuentemente.

Existen varios programas para el procesado de datos de georrádar en el mercado. En este caso, se ha utilizado el programa Groundvision2, de MALA Geoscience.

El equipo de georrádar, Ground Penetration Radar, se emplea en ingeniería civil, medio ambiente, geología, exploraciones mineras y arqueología, entre otras, destacando su uso en la detección de elementos enterrados, tuberías, cables, localización de cavidades, inspección de suelos industriales y urbanos, inspección de puentes, muros y pavimentos, análisis de condiciones de fracturación del subsuelo, determinación de espesores de relleno, delimitación de zonas saturadas y plumas de contaminantes, etc.

En la figura 2 se muestra el equipo de georrádar durante un perfil realizado en el interior de la iglesia de San Francisco, en una de las zonas afectadas por el sismo.

La interpretación de los registros de georrádar se basa, normalmente, en la caracterización de la textura, amplitud, continuidad y terminación de las reflexiones

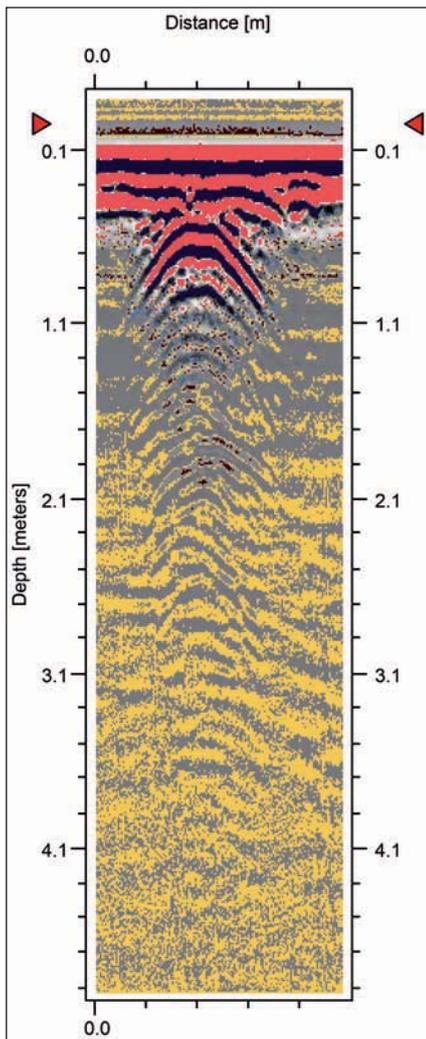


Figura 6. Radargrama GPR-10, obtenido en la cripta.

**Tomografía eléctrica capacitiva. Equipo OhmMapper**

La tomografía eléctrica es una técnica geofísica no invasiva que tiene por objetivo específico la distribución real de la resistividad del subsuelo mediante la medida de las resistividades de los materiales geológicos subsuperficiales para determinar su espesor y profundidad (Telford *et al.*, 1990; Reynolds, 1997, entre otros).

La resistividad es un parámetro intrínseco del terreno que depende de la porosidad efectiva, el nivel de saturación en agua, el grado de litificación y la composición mineralógica.

Las medidas obtenidas en el campo se corresponden con valores de resistividad aparente que, una vez volcadas a un ordenador, se tienen que procesar mediante programas de inversión de datos, para obtener las resistividades reales del subsuelo.

El resultado final, después de procesar los datos, es una imagen bidimensional (distancia-profundidad) que muestra la resistividad real del subsuelo, lo que permite determinar la geometría y espesores de las distintas unidades geoelectricas y que puede ser interpretado como si se tratara de un perfil geológico.

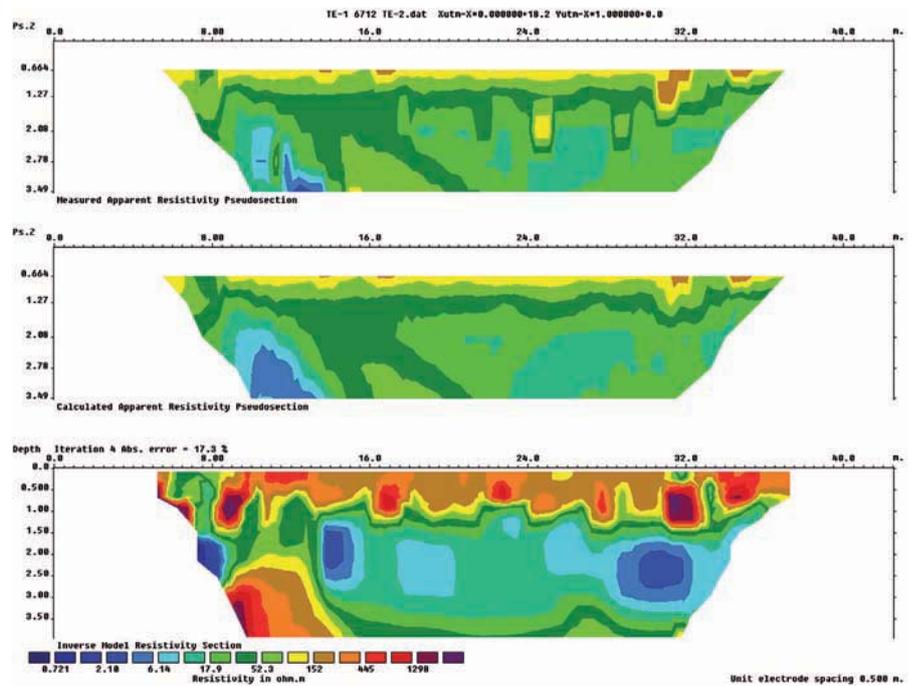


Figura 7. Perfil de tomografía eléctrica TE-2 obtenido en el interior de la iglesia de San Francisco.

La tomografía eléctrica capacitiva mediante equipo OhmMapper está especialmente indicada en aquellas zonas en las que el uso de un equipo de tomografía eléctrica galvánica tradicional resulta impracticable.

Para esta investigación se ha empleado el método de tomografía eléctrica capacitiva mediante el equipo OhmMapper, de la marca Geometrics. En la figura 3 se muestra el dispositivo del OhmMapper durante la realización de un perfil de tomografía eléctrica, indicándose los elementos integrantes de dicho equipo. Nótese que el equipo va siendo arrastrado por la superficie, sin necesidad de clavar electrodos.

El método capacitivo, mediante el equipo OhmMapper, a diferencia de la tomografía eléctrica por el método galvánico tradicional, permite atravesar niveles de elevada resistividad, como soleras de hormigón, capas asfálticas, o sustrato rocoso en afloramiento (calizas, granitos, diques de cuarzo, etc.) sin necesidad de clavar electrodos en la superficie.

El equipo OhmMapper emplea la configuración eléctrica dipolo-dipolo, que consiste en un emisor y receptor de la misma longitud (antenas de 2,5, 5, 10 m) separados por una cuerda no conductiva y realizando distintas pasadas (con separaciones progresivamente mayores) por perfil, de manera que a mayor distancia entre las antenas mayor profundidad de investigación. Al aumentar la profundidad de investigación se produce una disminución de la resolución.

El método de acoplamiento capacitivo con el equipo OhmMapper consiste en aplicar un impulso electromagnético de muy baja frecuencia, en torno a 17 kHz, a través de un transmisor al suelo, cuyo voltaje es captado a una distancia variable

por el receptor, registrado y transformado a resistividades eléctricas tras la realización de una serie de correcciones.

La resistividad eléctrica, en ausencia de contenido metálico en los sedimentos, depende de la porosidad. Este parámetro es el que más influye en la característica eléctrica de una roca. Por lo tanto, existe una relación directa entre el volumen de poros, la resistividad eléctrica del agua de saturación en el terreno y la conductividad del material. También pueden influir en los valores de la resistividad eléctrica el contenido en arcilla y la permeabilidad de la misma roca.

La tomografía eléctrica es especialmente útil en la localización de cavidades en el subsuelo, puesto que los huecos rellenos de aire presentan una resistividad mucho mayor que el material que los rodea (Reynolds, 1997).

Otra aplicación habitual es la determinación de agua en el subsuelo, debido al carácter poco resistivo de la misma cuando su contenido en iones es moderado o alto.

El diferente comportamiento geoelectrico del medio permite obtener perfiles 2D e imágenes 3D de la distribución de resistividades del mismo, por lo que se trata de una de las herramientas de carácter no destructivo más eficaz para el análisis y caracterización de posibles discontinuidades del subsuelo (Sasaki, 1992; Storz *et al.*, 2000).

La fase de gabinete consiste en el volcado de datos desde el equipo OhmMapper a un ordenador y, posteriormente, se realiza el procesamiento de los mismos mediante un software específico, es este caso RES2DINV de Geotomo Software, obteniendo pseudosecciones de los valores de los diferentes perfiles realizados.

Se ha realizado una investigación dividida en dos fases: una primera etapa mediante prospección geofísica, y una etapa posterior, de comprobación, mediante ensayos mecánicos

Con la inversión de datos se pasa de datos de resistividad aparente (registrados en campo) a datos de resistividad real y su potencia.

En los perfiles de tomografía eléctrica obtenidos se asigna una escala de color para los distintos intervalos de resistividad eléctrica. Habitualmente, para valores de resistividad eléctrica altos se usan los tonos rojos y amarillos, para los valores medios se utiliza el verde, y los valores de resistividad baja se muestran en tonos azules. Como ya se ha indicado, la distribución de los valores de resistividad a lo largo del perfil analizado nos permiten obtener cortes geoelectricos del terreno, que se pueden interpretar en términos geológicos.

**Metodología**

La iglesia de San Francisco se sitúa entre las calles Nogalte y Cuesta de San Francisco, en Lorca, dentro del casco histórico de la ciudad. Se ha realizado una investigación dividida en dos fases: una primera etapa mediante prospección geofísica, y una etapa posterior, de comprobación, mediante ensayos mecánicos.

En la etapa inicial, dado que toda la zona objeto de estudio está urbanizada, se ha considerado que el método de investigación más adecuado en este caso es la prospección geofísica mediante perfiles de georrádar y perfiles de tomografía eléctrica capacitiva con el equipo OhmMapper, ya que no requieren clavar ningún tipo de electrodo.

Así, pues, se ha realizado una campaña de prospección geofísica consistente en 18 perfiles electromagnéticos mediante georrádar y cuatro perfiles de tomografía eléctrica sin electrodos, mediante el método capacitivo, con el equipo OhmMapper. Se han realizado un total de, aproximadamente, 200 m lineales de perfiles de tomografía eléctrica.

Los perfiles de georrádar y tomografía eléctrica capacitiva se han distribuido tanto en el interior de la iglesia, como en el exterior, a lo

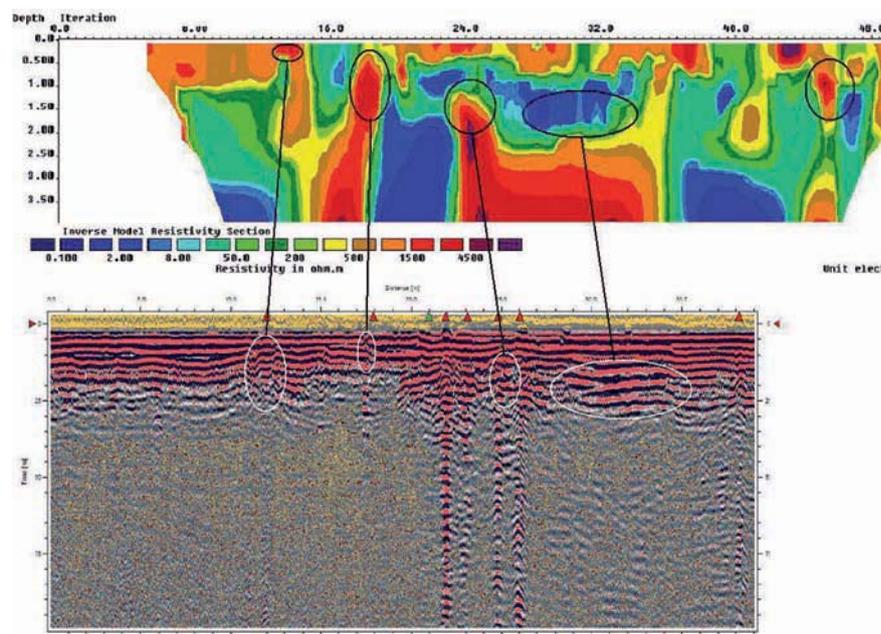


Figura 8. Correlación entre el perfil de tomografía eléctrica TE-3 y el radargrama GPR-4, donde se pone de manifiesto la complementariedad de ambos métodos de investigación geofísica.

largo de las calles que la limitan, y en aquellas zonas a las que se tenía acceso.

En las figuras 4 y 5 se muestran los planos de distribución de los perfiles de georrádar y tomografía eléctrica realizados tanto en el interior como en el exterior de la iglesia de San Francisco.

El equipo de georrádar empleado para esta investigación ha sido un georrádar RAMAC/GPR de MALA Geoscience, con antena apantallada de 500 MHz. Se ha elegido una antena de 500 MHz, ya que supone un compromiso óptimo entre definición y profundidad de penetración para la búsqueda de elementos hasta una profundidad máxima del orden de 5 m. Para el procesamiento de los datos se ha utilizado el software Ground-Vision 2 de MALA y se han aplicado el filtro DC o "dewow", filtros de alta y baja frecuencia y filtros de ganancia lineal y exponencial.

En la figura 6 se muestra un radargrama obtenido en la iglesia de San Francisco, donde se representan las anomalías detectadas en el subsuelo, que pueden indicar la existencia de saneamientos, tuberías o zonas con huecos.

Los perfiles de tomografía eléctrica realizados se han distribuido en el interior de la iglesia y a lo largo de las calles que la limitan, con longitudes que varían entre 40 y 60 m. Los perfiles se han hecho con electrodos de 2,5 m y una separación progresiva entre ellos de 1 m, 2,50, 5 y 10 m en cada pasada, lo que ha permitido alcanzar profundidades de investigación del orden de 3,50-4 m.

Las medidas obtenidas en campo son registradas en la consola. Posteriormente, ya en gabinete, estos datos son volcados a un ordenador y se procede a un proceso reiterativo de inversión. El volcado de datos de resistividad aparente se

realiza mediante el programa MAGMAP2000 de Geometrics, que permite comprobar y realizar pequeñas rectificaciones de la configuración geométrica del dispositivo, así como obtener las pseudosecciones que se exportarán para ser sometidas a un proceso reiterativo de inversión. El programa utilizado para la inversión de los datos ha sido el RES2DINV, que determina de una forma automática un modelo bidimensional de resistividades reales del subsuelo, a partir de una pseudosección de resistividades aparentes, mediante técnicas de ajuste de mínimos cuadrados. Se ha utilizado un método de inversión robusto, con el fin de maximizar los contrastes de resistividad.

Los resultados obtenidos en los perfiles de tomografía eléctrica ejecutados muestran unos valores de resistividad variables. Los valores de resistividad altos (entre 500 y más de 4.000 ohm-m), representados en tonos amarillo a rojo, se pueden correlacionar con zonas descomprimidas o muy porosas, incluso huecos o cavidades. En el otro extremo, se observan valores de resistividad bajos (entre 0.10 y 10 ohm-m), que se corresponden con materiales cuaternarios compuestos por arcillas y limos parcialmente saturados, y se representan en tonos azulados. En tonos verdes se representan los valores de resistividad media, que pueden indicar la existencia de materiales cuaternarios de naturaleza granular (arenas y gravas) o limos poco saturados.

En la figura 7 se muestra uno de los perfiles de tomografía eléctrica realizados en la iglesia de San Francisco.

En una fase posterior, una vez interpretados y analizados los resultados obtenidos en la campaña de prospección geofísica, y a la luz de las anomalías detectadas en el subsuelo, se ha completado

la investigación mediante la realización de ensayos mecánicos en aquellos puntos en los que se han detectado las anomalías eléctricas y electromagnéticas más destacadas, con el objeto de determinar la naturaleza de los elementos que han originado las anomalías y caracterizar geotécnicamente el terreno existente en el subsuelo.

Concretamente, se han realizado tres sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo y dos ensayos de penetración dinámica continua DPL. Los sondeos han sido realizados en el exterior de la iglesia, uno junto a la torre, otro junto a la entrada y otro en la parte alta de la calle Cuesta de San Francisco. Los ensayos de penetración dinámica se han realizado en el interior de la iglesia, uno en la zona donde se detectaron las anomalías de GPR-16 y TE-4 (P-1) y otro en un pasillo lateral al sur de la iglesia (P-2).

### Resultados y conclusiones

Los resultados obtenidos en la campaña de prospección geofísica realizada en la iglesia de San Francisco han permitido delimitar zonas en las que se detectan importantes anomalías resistivas, tanto máximos resistivos (que podrían corresponder a zonas descomprimidas o huecos), como mínimos (que se podrían relacionar con zonas arcillosas y/o saturadas). Entre los resultados obtenidos destacamos los siguientes:

- En los radargramas GPR-1, 2 y 3, realizados en la calle Cuesta de San Francisco, se detectan unas anomalías en torno a 0,50 m de profundidad, cuyas reflexiones podrían interpretarse como debidas a la existencia de algún tipo de emparrillado metálico.
- De igual forma, en el radargrama GPR-4 se ha detectado una anomalía que se relaciona con un mínimo resistivo detectado en el perfil de tomografía eléctrica TE-3 (en tonos azules). Esta anomalía se puede deber a la existencia de una zona saturada.
- Los radargramas GPR-6, 7 y 8 detectan zonas en las que se produce una confluencia de varias anomalías electromagnéticas asociadas, una cerca de la torre noreste y otra en la entrada de la iglesia.
- En el radargrama GPR-16 se ha detectado una anomalía que se relaciona con un máximo resistivo detectado en el perfil de tomografía eléctrica TE-4 (en tonos rojos). Esta anomalía se puede deber a una zona con un espesor de relleno mayor o a la existencia de materiales descomprimidos.
- En la *figura 8* se muestra un montaje en el que se puede apreciar un ejemplo de la correlación entre los dos métodos geofísicos utilizados en esta investigación, georrádar y tomografía eléctrica capacitiva.
- El sondeo mecánico realizado junto a la entrada de la iglesia, en la zona en la que se han detectado las anomalías en los radargramas GPR-6, 7 y 8 y los perfiles de tomografía eléctrica TE-2 y TE-3, ha permitido confirmar que las anomalías resistivas detectadas se corresponden con la existencia de conductores internos situadas, aproximadamente, a 1 m de profundidad.
- El ensayo de penetración dinámica P-1, realizado en la zona de anomalía detectada en radargrama GPR-16 y el perfil de tomografía eléctrica TE-4, ha encontrado un hueco entre 0,30 y 1,75 m de profundidad. Según la información que nos han facilitado, esta cavidad podría corresponderse con la existencia de una antigua cripta.

No obstante, en líneas generales, los resultados obtenidos en los ensayos mecánicos no muestran evidencias de que el terreno en el que está empotrada la cimentación de la iglesia de San Francisco haya sufrido alteraciones que puedan haber afectado a la misma.

Por otro lado, el empleo conjunto de las dos técnicas geofísicas (georrádar y tomografía eléctrica capacitiva) nos ha permitido establecer comparaciones entre ambas y comprobar que se trata de métodos complementarios y altamente resolutivos en este tipo de investigaciones.

### Agradecimientos

Queremos agradecer a Lorquimur, S.L., haber hecho posible la realización de este trabajo y habernos permitido utilizar los datos de la investigación para este artículo.

### Bibliografía

- Gómez López, R. (2008). Aplicación del radar de penetración en tierra (georrádar) a la exploración no destructiva de yacimientos arqueológicos.
- Martín Gutiérrez, J. (2004). Análisis del subsuelo utilizando técnicas geofísicas. Sistema Georrádar RAMAC/GPR. VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía, 2004.
- Reynolds, J. M. (1997). *An introduction to applied and environmental geophysics*. John Wiley and Sons.
- Sasaki, Y. (1992). *Geophysical prospecting*.
- Telford, W. M.; Geldart, L. P. y Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge University Press.

**barcelóviajes.com**

TODO LO QUE TE ESPERA

Bienvenido al servicio para empresas y profesionales del grupo Barceló Viajes.

Confíe la organización técnica de sus viajes de negocios a la empresa líder del sector.



Barceló Viajes es  
**Servicio**

Consultores profesionales.  
Plataformas tecnológicas  
exclusivas.  
Servicio 24h.  
Cobertura Global...



Barceló Viajes es  
**Ahorro**

Viajar más, gastando  
menos.  
Mejor tarifa disponible  
garantizada.  
Negociación con proveedores...



Barceló Viajes es  
**Control y Gestión**

Facturación adaptada.  
Informes de gestión.  
Cumplimiento de políticas  
de ahorro...



Barceló Viajes es  
**Calidad**

Certificado ISO9001  
en organización  
de viajes corporativos.



# El Camino Real del Azogue

El Camino Real del Azogue parte de las minas de Almadén en Ciudad Real (explotación minera de mercurio más importante del mundo) y tiene como destino primero las Reales Atarazanas de la ciudad de Sevilla. De vital importancia para la Corona española entre los siglos XVI y XIX, el transporte del mercurio hasta el Nuevo Continente permitió, tras el descubrimiento del proceso de amalgamación con mercurio, la explotación a gran escala de las minas de plata americanas. El Camino Real del Azogue se convirtió en una de las rutas más importantes en términos económicos no sólo para España, sino para todo el continente europeo.

**TEXTO** | Ángel Hernández Sobrino (ahsobrino@terra.es), Dr. en CC. Geológicas, Fundación Almadén-Francisco Javier de Villegas. Roberto Parra Indiano (info@artchemist.es), licenciado en Geografía e Historia, Artchemist; Elsa M<sup>a</sup> Soria Herranz, licenciada en Historia del Arte. Artchemist; Miguel A. Padilla, licenciado en CC. Químicas. Artchemist; Soledad Cuezva Robleño, Dra. en CC. Geológicas, Geomnia; Enrique Sanz Rubio (esanz@geomnia.es), Dr. en CC. Geológicas. Geomnia.

Palabras clave  
**Almadén, Camino Real, azogue, cinabrio, plata, Sevilla.**

Hoy en día, el Camino Real discurre por las provincias de Ciudad Real, Córdoba, Badajoz y Sevilla y, a la gran cantidad de elementos de interés histórico-artísticos existentes en la propia ruta y en las localidades por las que transita, hay que añadirle tanto sus excelentes entornos medioambientales y geológicos, como sus indudables elementos culturales, su rica y variada gastronomía y la naturaleza alegre y hospitalaria de sus gentes. Todas estas cualidades la convierten sin duda en una de las rutas de la Península Ibérica cuya recuperación, actualmente iniciada como proyecto de difusión cultural gracias a una actuación subvencionada por el Ministerio de Cultura de España, posee mayor potencial turístico y cultural.

## Breve historia de las minas de Almadén

Las minas de cinabrio de Almadén (*figura 1*) han sido las más importantes del mundo. Aunque conocidas desde la antigüedad (los romanos utilizaron como pintura el bermellón de la región sisaponense), las minas de Almadén tuvieron una importancia relativa hasta que, a mediados del siglo XVI, se descubrió la amalgamación de la plata con azogue (mercurio) en la mina de Pachuca (virreinato de Nueva España). Almadén pasó así de ser un pequeño establecimiento minero a convertirse en un gran centro minero y metalúrgico, cuya producción permitía el funcionamiento del complejo circuito económico que abastecía de plata a la monarquía y posibilitaba la colonización del continente americano.

Desde mediados del siglo XVI, el destino final de la práctica totalidad del azogue producido en Almadén eran las Reales Minas de la Nueva España y del Perú. El largo viaje del azogue se iniciaba con un primer tramo terrestre entre Almadén y las Reales Atarazanas de la Casa de Contratación en Sevilla. En la capital hispalense, el azogue se embarcaba en naves de poco calado que bajaban por el río Guadalquivir hasta su desembocadura. Allí esperaban los galeones de



*Figura 1. Vista de Almadén; en primer término, la escombrera (en proceso de restauración) y el cerco minero.*

la Carrera de Indias para cruzar el Atlántico con tan preciada carga (*figura 2*). El azogue, cuyo destino eran los centros mineros de Nueva España, desembarcaba en Veracruz, donde emprendía un largo camino terrestre hasta la capital del virreinato (México), desde donde era distribuido a las distintas minas.

El mercurio que se consumía en el virreinato de Perú, principalmente en la gran mina de Potosí, procedía casi todo de la mina de azogue de Huancavelica, descubierta en 1563; pero, entre 1771 y 1777, la producción de esta mina era insuficiente para satisfacer la demanda de azogue de las minas de plata diseminadas por el territorio peruano, por lo que tuvieron que importarse de Almadén 22.000 quintales de azogue. El progresivo descenso de la producción de azogue de Huancavelica, a partir de 1790, hizo aún más necesario el azogue de Almadén. La ruta que seguía este azogue era la siguiente: desde Sevilla, haciendo escala en La Habana (Cuba), el mercurio

desembarcaba en Portobelo, atravesaba el istmo de Panamá y, ya en el Pacífico, era embarcado de nuevo hasta el puerto de Arica, desde donde seguía su viaje por vía terrestre hasta los centros mineros productores de plata.

## Las rutas del azogue

Las rutas del mercurio quedaron establecidas con gran rapidez tras la generalización en América, hacia 1555 en Nueva España y a partir de 1570 en Perú, de los nuevos procedimientos de obtención de la plata mediante amalgamación. En la segunda mitad del siglo XVI quedan ya establecidas y organizadas las rutas carreteras y arrieras del azogue entre Almadén y Sevilla, que se mantendrán hasta la llegada del ferrocarril en la segunda mitad del siglo XIX, hecho que coincide de forma aproximada en el tiempo con la independencia de las colonias americanas.

Al parecer, ya en los albores del siglo X se hallaba en uso un camino que unía directamente



Figura 2. Rutas atlánticas del azogue (ida y vuelta).

Toledo con Sevilla, sin pasar por Córdoba. Según varios autores, esta ruta, que se dirigía desde Toledo al valle inferior del Guadalquivir, es la que transitaba por las proximidades de Almadén y la que siglos después se utilizó para portear a Sevilla la producción de azogue de las minas.

Ocho siglos después, a comienzos del XIX, España venía atravesando una de sus peores crisis económicas y, ante la situación catastrófica de la Hacienda Pública, el Gobierno no tuvo otra opción que recurrir al expediente tradicional de los empréstitos. Entre otros bienes, se hipotecaron las minas de Almadén, propiedad del Estado español, concediéndose en 1830 el monopolio de la venta de mercurio a la casa-banca de Burdeos Íñigo Ezpeleta y Compañía. A partir de 1835 fue la banca Rothschild la que se adjudicó las sucesivas

subastas hasta 1911. Estos contratos no supusieron la interrupción del envío del mercurio desde Almadén a Sevilla durante la primera mitad del siglo XIX, pero el metal líquido que en su mayor parte fue transportado a América en la flota española, empezó a ser enviado a otros muchos países del resto del mundo.

**El yacimiento de Almadén**

Los yacimientos de mercurio de la comarca de Almadén se han venido explotando durante dos milenios casi sin interrupción. En una franja de terreno de unos 20 km de largo por 10 km de ancho aparecen seis minas, entre las que destaca sobre todo la de Almadén, situada bajo la población del mismo nombre, pues de ella se ha extraído el 90% del mercurio de esta cuenca

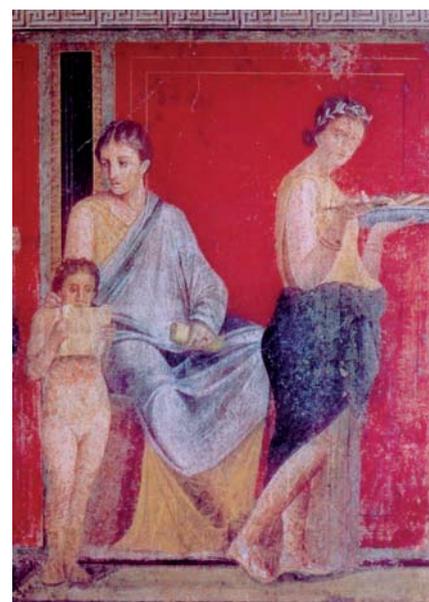


Figura 3. Fresco de una mansión de Pompeya.

minera. En conjunto, las minas de Almadén y Almadenejos han producido las dos terceras partes del mercurio que ha consumido la humanidad a lo largo de su existencia, lo que es un claro índice de su importancia.

El mineral característico de Almadén es el cinabrio, sulfuro de mercurio, si bien es frecuente observar en las labores mineras algunas gotas de mercurio nativo. Para separar el mercurio del azufre hay que calentar el cinabrio, de modo que se rompa la molécula SHg. El mercurio pasa entonces a estado de vapor y luego se transforma en líquido al enfriarlo. Plinio, Dioscórides y Vitrubio ya conocían el método de recuperar el mercurio por destilación y condensación.

La primera mención detallada de Almadén se debe a Plinio el Viejo (73-29 a.C.), que alude a



Figura 4. Amalgamación de la plata con azogue (Biblioteca del Palacio Real, Madrid).



Figura 5. Hornos de aludeles o Bustamante.



Figura 6. Vista de Almadenejos; en primer término, el recinto de los hornos.

las explotaciones de bermellón en la provincia sisaponense de Andalucía:

*Pero de ninguno de estos lugares se trae a Roma, ni casi de otra alguna parte sino de Hispania, y es excelentísimo el de la Provincia Sisaponense de la Bética.*

Así, pues, aunque los romanos conocían el mercurio, estaban más interesados en el bermellón, que obtenían del cinabrio y que usaban como pintura nobiliaria. Con él pintaban las estatuas del emperador, decoraban las mansiones de Pompeya (figura 3) y coloreaban sus mejillas las aristócratas.

El mercurio, como tal metal, comenzó a usarse más cuando llegó a Arabia la alquimia en el siglo VII, procedente del Lejano Oriente. El objetivo final de la alquimia era la obtención de oro, y el mercurio era uno de los tres componentes de la *tria prima* junto con el azufre y la sal. Entre los siglos VIII y XIII, los árabes dominaron la comarca de Almadén y numerosas palabras de origen árabe se conservan todavía en la localidad minera y otras poblaciones cercanas. Almadén significa la mina, azogue es sinónimo de mercurio, alarife de albañil, etc. Después de la Reconquista, las minas de Almadén continúan en explotación y los productos que se comercializan en los siglos XIV y XV son bermellón, mercurio y solimán. Este es un cloruro de mercurio, también llamado sublimado corrosivo, que se usaba sobre todo para curtir el cuero. Debemos concluir que en todo el periodo anterior al siglo XVI, las minas de Almadén sufren una explotación de poca importancia, que se corresponde con labores mineras de pequeño desarrollo. El establecimiento minero estaba compuesto por las labores subterráneas y los hornos de tostación del mineral, pero era de dimensiones reducidas y no contaba con una infraestructura permanente, siendo su hábitat estacional. De hecho, Almadén no fue declarado villazgo hasta 1417.

Las minas alcanzaron realmente importancia cuando el mercurio se convirtió en un elemento imprescindible para la amalgamación de las minas de oro y, sobre todo, de plata, descubiertas en la América colonial. Este procedimiento, conocido como *beneficio de patio*, fue patentado

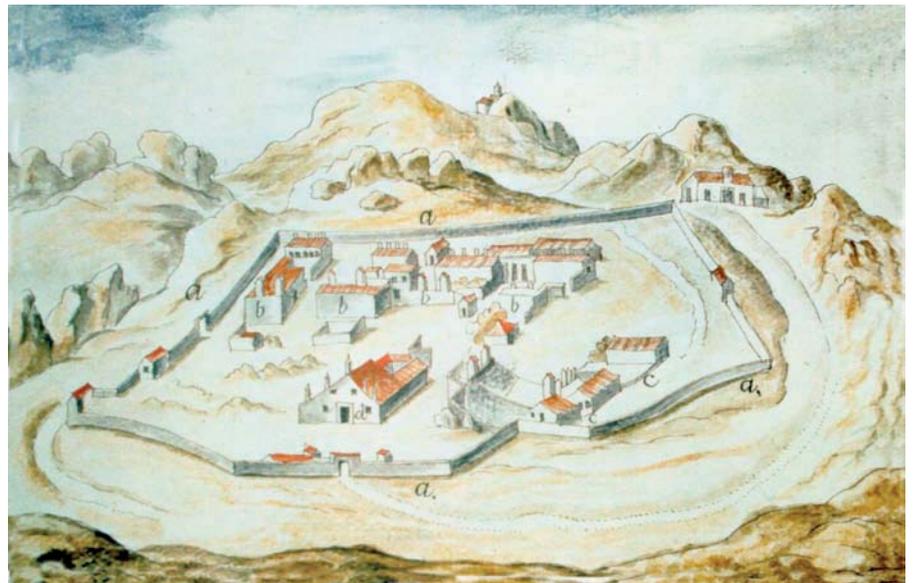


Figura 7. Cerco de Buitrones de Almadén.

en 1555 por el español Bartolomé de Medina en la explotación minera de Pachuca (virreinato de Nueva España). El método consiste básicamente en triturar el mineral de plata y mezclarlo íntimamente con azogue para su amalgamación, en lugar de fundir directamente el mineral (figura 4). Su ventaja es enorme, pues supone la utilización de mucha menor cantidad de leña para la fundición, cuando dicho combustible era muy escaso en bastantes zonas mineras.

Como consecuencia del brusco aumento de la demanda de mercurio, Almadén pasó en pocos años de ser un pequeño establecimiento minero a convertirse en un gran centro productivo. A los mineros libres se unieron forzosos y esclavos para abastecer de azogue a las crecientes producciones de las minas de plata americanas. Así, mientras

que en el periodo entre 1500 y 1563 se producen 36.770 quintales de azogue, en el periodo entre 1605 y 1645 se producen 148.594 quintales.

En 1633, el médico español Lope Saavedra Barba inventó los hornos de aludeles con la mina de mercurio de Huancavelica (virreinato del Perú). Estos nuevos hornos de tostación fueron introducidos en Almadén a partir de 1646 por Juan Alonso de Bustamante, por lo que también son conocidos como hornos Bustamante (figura 5). Hasta entonces, el mineral de Almadén era metido en ollas de barro que, una vez cerradas, eran expuestas al fuego para que se produjera en su interior la tostación del cinabrio. Este método era válido para dar pequeñas producciones de azogue, pero totalmente insuficiente para las necesidades de las minas de plata americanas.



Figura 8. Envasado del azogue en baldeses (óleo de Jaime Sánchez Calleja).

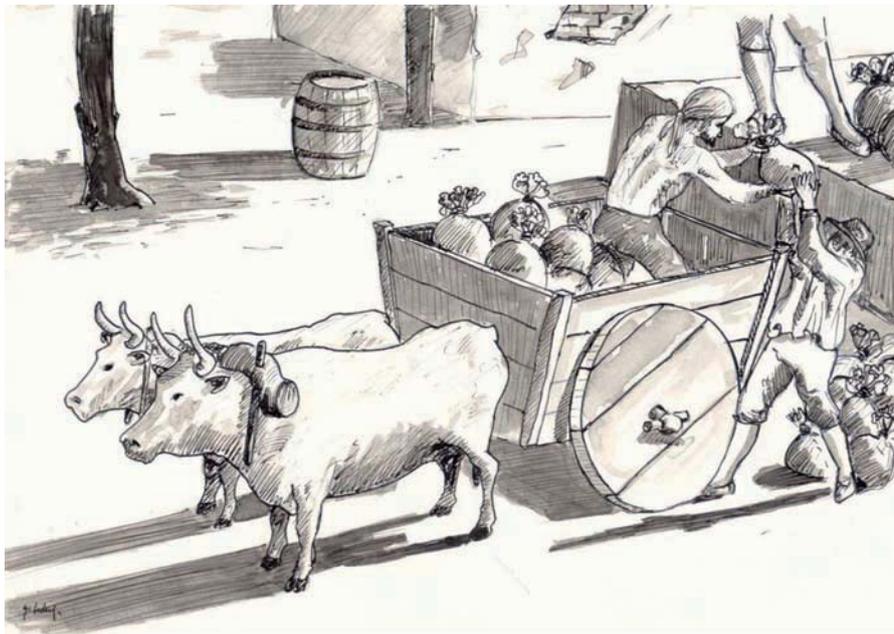


Figura 9. Transporte de azogue en carretas (dibujo de Jaime Sánchez Calleja).

Las grandes ventajas de los hornos de aludeles (gran capacidad, buenos rendimientos y laboralmente más higiénicos) hicieron que fueran utilizados en Almadén hasta 1928.

Aunque la mina de Almadén es un único yacimiento, los mineros antiguos denominaban con diversos nombres a las diferentes zonas mineralizadas: mina del Pozo, Contramina, mina de la Hoya y mina del Castillo.

A finales del siglo XVII, tras décadas de intensa explotación, la mina del Pozo y la Contramina dan ya síntomas de agotamiento, lo que unido a los hundimientos y las dificultades para desaguar la mina, pues se habían alcanzado más de 150 m

de profundidad, hizo muy crítico el abastecimiento de azogue a las minas de plata americanas.

#### Se descubren nuevas minas

En plena crisis de las minas de Almadén, en octubre de 1696, es nombrado superintendente Miguel de Unda y Garibay, que se mostró activo y afortunado, pues en 1699 ya había descubierto tres minas de gran importancia. Dos de ellas, la mina del Castillo y la mina de la Hoya, en Almadén, y la tercera, en Almadenejos (un lugar cercano a Almadén). Las nuevas minas poseían una mayor riqueza y al principio eran fáciles de drenar porque no alcanzaban mucha profundidad.

Con el hallazgo de estos yacimientos fue posible abandonar la Contramina en 1701.

En 1754, las labores de la mina del Castillo alcanzan una profundidad de 118 m. Su explotación se vio frenada bruscamente por un feroz incendio que se declaró el 7 de enero de 1755 y que no se lograría sofocar hasta dos años y medio más tarde. A partir de entonces se prohibió la entibación definitiva de los pozos y galerías mediante simple enmaderación, siendo obligatoria la construcción de bóvedas de ladrillo o de mampostería. En los últimos años del siglo XVIII, la mina del Castillo había alcanzado ya unos 140 m de profundidad.

A lo largo del siglo XVIII se intensificó la explotación de las minas del departamento de Almadenejos (figura 6). La mina de la Vieja Concepción, descubierta en 1697, se halla situada justamente bajo el pueblo de Almadenejos, que viene a significar *pequeño Almadén*. Las labores llegaron a alcanzar los 234 m de profundidad. La disminución de la riqueza del mineral en profundidad obligó a cerrar esta mina en 1800.

Aproximadamente a 1 km al oeste de Almadenejos se descubrió posteriormente otra mina de mercurio llamada de la Concepción Nueva, que fue explotada entre 1795 y 1861. Las labores mineras llegaron a alcanzar los 146 m por debajo de la superficie.

A unos 4 km al sureste de Almadenejos se halla el yacimiento de mercurio de la mineta de Valdeazogues y El Entredicho, justamente donde la antigua carretera comarcal Almadén-Ciudad Real cruzaba por segunda vez el río Valdeazogues. Parte de este yacimiento único fue explotado en el siglo XVIII a través de dos minas: la mina de Valdeazogues, actualmente desaparecida, y la mina de El Entredicho, de la que quedan algunos restos.

#### El método de transporte

Una vez obtenido el mercurio en los hornos, se enviaba en su mayor parte a Sevilla. Hasta finales del siglo XVIII, época en la que comenzaron a usarse los frascos de hierro, el metal líquido se transportaba, no sin dificultad, en baldeses de cuero (pellejos de cabra). Cada baldés contenía una o varias arrobas de mercurio, dependiendo del tamaño del animal. Las pieles eran cuidadosamente revisadas a fin de detectar si tenían algún pequeño defecto que pudiera provocar su pérdida. El fondo de las carretas se recubría de matorral fino para que los baldeses sufrieran lo menos posible durante el viaje y la carga se cubría con serones de esparto para aislarla de la humedad.

Los frascos de hierro sustituyeron progresivamente a los baldeses a partir de 1793, cuando la Superintendencia General de Azogues encargó a José Pizarro la construcción de 6.677 frascos. Durante la primera mitad del XIX, baldeses y frascos de hierro coexistieron, tal como se observa en la condición 4ª de la subasta para el transporte de azogue a Sevilla de 1843:

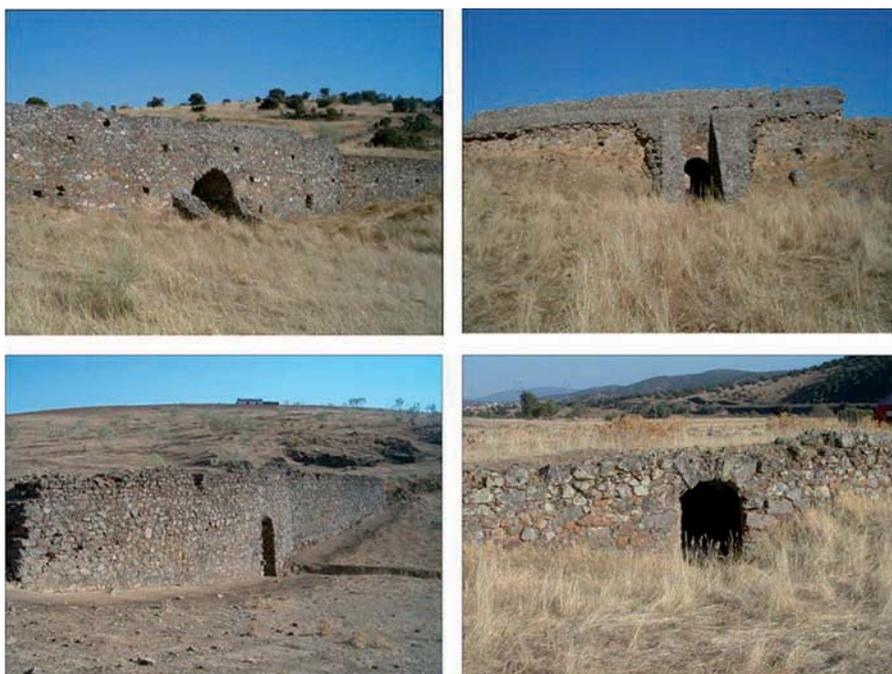


Figura 10. Puentes del Camino Real del Azogue construidos a finales del siglo XVIII (Paraje de los Cerros, Chillón, Ciudad Real).



Figura 11. Nuevo empaçado del azogue en baldeses y pequeños toneles y cajones con capacidad para tres toneles, como preparación del viaje transoceánico. Recreación en el Parque Minero de Almadén (Ciudad Real).

Los azogues serán entregados en los almacenes de las Atarazanas de Sevilla, envasados en frascos de hierro de a tres arrobas de mineral cada uno, a no ser que circunstancias imprevistas obligaran a entregarlos en baldeses, ya sea porque los frascos no pudieran llegar a tiempo o por otra causa de fuerza mayor.

El frasco se convirtió en la medida mundial de comercialización del mercurio y este metal comenzó a ser trasladado con mayor facilidad. El transporte de mercurio a Sevilla en carretas de bueyes y a lomos de acémilas finalizó con la construcción del ferrocarril Madrid-Badajoz, cuya línea dispone de una estación en Almadenejos.

El largo camino del azogue entre los centros de producción de Almadén y Almadenejos hasta América se iniciaba en los cercos de destilación o de Buitrones (figura 7). En estos recintos amurallados se calcinaba el cinabrio en los hornos para obtener azogue, y este se almacenaba y se envasaba para su transporte.

### El proceso productivo y de transporte

El proceso productivo del mercurio presentaba una marcada estacionalidad que obedecía principalmente a un factor climático. Con la llegada de las altas temperaturas se suspendían las tostaciones de mineral, pues el incremento de las pérdidas de azogue en los hornos aconsejaba la suspensión de la producción hacia mayo o junio, reanudándose en el otoño.

También se ubicaba dentro del cerco de Buitrones el almacén de azogue, la dependencia encargada de la guardia y custodia del mercurio, y donde se envasaba para su transporte.

El azogue es un metal líquido que por sus peculiaridades físicas (fluidez y alta densidad) hace difícil su manipulación y transporte. Por ello se envasaba en grandes bolsas de cuero de buena calidad llamadas baldeses, cuyo uso se generalizó

El azogue es un metal líquido que por sus peculiaridades físicas hace difícil su manipulación y transporte, por ello se envasaba en grandes bolsas de cuero llamadas baldeses

durante la Edad Moderna. Agustín de Betancourt en sus *Memorias de las Reales Minas del Almadén*, publicadas en 1783, nos ha proporcionado una minuciosa descripción de cómo se efectuaba el empaçado del azogue (figura 8).

El mercurio se introducía en el interior de un baldés y, una vez hecho el moño o nudo, se metía en un segundo baldés que, a su vez, era introducido en un tercer baldés. Los tres envoltorios aseguraban la mayor estanqueidad posible del recipiente. El conjunto de los tres baldeses se recubría con una espuerta de esparto bien cerrada. Tras esta preparación, los envases se encontraban listos para colocarse en las carretas, las cuales previamente se habían acondicionado cubriendo su caja con ramaje menudo sobre el que se echaba un serón, con el fin de amortiguar las vibraciones. Sobre los serones se disponían diez baldeses y el conjunto se cubría con otro serón para proteger la mercancía de la lluvia y de la humedad.

La capacidad de los baldeses variaba según el sistema de transporte empleado. Cuando el azogue se conducía en carros (figura 9), cada baldés contenía unos tres litros y medio de azogue, que equivalen a cuatro arrobas o un quintal o, lo que es lo mismo, 100 libras o 46 kg, cantidad adecuada

para ser manejada por un hombre robusto. Si el transporte de mercurio se realizaba a lomos de mulas, los baldeses tenían un peso de dos arrobas o medio quintal. La carga de las carretas era de 460 kg de azogue, mientras que la carga de una bestia era de 46 kg de azogue.

Los carreteros contratados por el establecimiento minero procedían de lugares tan distantes de Almadén como Almodóvar del Pinar (Cuenca) o Constantina (Sevilla). Cada carretero disponía por lo general de unas pocas carretas, pero algunos de ellos eran dueños de unas cuantas decenas. Un ejemplo es el de Diego Fernández Iglesias, vecino de Constantina, que escribe el 18 de marzo de 1777 al superintendente de las minas Gaspar Soler, comunicándole que:

[...] en el día 7 del presente puso en camino a cargo de Julio Gonzales 13 carretas, y en el siguiente día 9 a cargo de Agustín Miera, y en el mismo día salieron 19 de mi hijo y sobrino a cargo de Julio Naranjo [...]

A medida que la producción de mercurio de Almadén se incrementaba, más carretas de bueyes debían estar listas antes del comienzo de la primavera para transportarlo a Sevilla. En la segunda mitad del XVIII, varios centenares de carretas, e incluso más de un millar, fueron necesarias para los miles de quintales de azogue que esperaban empacados en el almacén de Almadén. El 2 de diciembre de 1777, el superintendente general Joseph de Gálvez previene a Gaspar Soler de que:

[...] conviene al servicio del Rey que para Abril del proximo año venidero salgan indispensablemente registros para Veracruz, y lleven diez mil quintales de Azogue [...]

Pocos días después, el superintendente Soler le contesta:

No dudo según el actual estado de la presente saca, y regular curso de ella que en fin de Febrero estarán cumplidamente acopiados diez mil quintales de Azogue; pero desde luego se ofrece la suma dificultad, ò imposibilidad de verificarse su traslacion a las Atarazanas de Sevilla para que todos se hayan introducido en ella en el mes de Marzo.

La razón de esta imposibilidad no estriba en la falta de carretas o de mulas, sino en que los carreteros y arrieros se niegan a recoger la carga hasta que esté asegurada la circulación por los caminos. Además, aún transportando todo el azogue a lomo de caballerías, "se necesitarían de seis a siete mil Bestias mayores y menores para



Figura 12. Carretas de bueyes atravesando uno de los vados (dibujo de Jaime Sánchez Calleja).



Figura 13. Reata de mulas en el camino de Sevilla (dibujo de Jaime Sánchez Calleja).

levantar los 10 mil quintales de azogue". Para los carreteros es más beneficioso llevar leña a Sevilla o aceite a Madrid por el camino general que une Castilla con Andalucía sin pasar por Almadén. Para incentivar a los carreteros propone que la mitad del pago del transporte de azogue se haga al cargar en Almadén y que la otra mitad se abone al entregarlo en las Atarazanas sevillanas, no obligando de este modo a los carreteros a tener que volver a Almadén a cobrarlo.

La creciente demanda de azogue hizo necesarias obras de adecuación de la ruta del azogue a lo largo de diversos tramos entre Almadén y Sevilla; son especialmente destacables por su buen estado de conservación las infraestructuras realizadas en el siglo XVIII en las cercanías de Almadén para facilitar el tránsito en los tramos iniciales de la ruta del azogue (figura 10).

Una vez llegadas las cargas de azogue a las Reales Atarazanas de Sevilla, unos empleados llamados desatadores vaciaban en tinas el contenido de los baldeses envasados en Almadén, comprobando el peso del mercurio para detectar posibles pérdidas o hurtos de azogue. Estos baldeses vacíos hacían el tornaviaje a Almadén para ser reutilizados. En ocasiones, las pérdidas de azogue estaban producidas por accidentes ocurridos durante el viaje o por el mal estado de los baldeses, pero en otras, las mermas de mercurio no eran sino robos disimulados.

## Llegadas las cargas de azogue a las Reales Atarazanas de Sevilla, se vaciaban en tinas los baldeses, comprobando el peso del mercurio para detectar pérdidas o hurtos

En Sevilla se empacaba de nuevo el azogue en tres capas concéntricas de baldeses, pero con la diferencia de que su capacidad era sólo de dos arrobas o medio quintal de azogue. Cada uno de estos baldeses se introducía dentro de un pequeño barril de madera cerrado (figura 11). Tres de estos barriles se colocaban en un cajón de madera que se precintaba con cueros y tachuelas. Ya en el siglo XVIII se generalizó el empleo de trallas bastas de cáñamo sobre las que se ponían cubiertas de esparto con lías del mismo material. El contenido de cada cajón era quintal y medio de azogue. Acondicionado ya para el largo viaje trasatlántico, el azogue estaba listo para ser embarcado.

A finales del siglo XVIII todo este largo proceso se simplifica, al comenzar a fabricarse los primeros frascos de hierro fundido. Poco a poco dejaron de usarse los baldeses hasta desaparecer por completo bien entrado el XIX.

### La ruta de Almadén a Sevilla

La ruta entre Almadén y Sevilla quedó ya establecida a mediados del siglo XVI. En mayo de 1558, Ambrosio Rótulo, administrador de las minas de Almadén, es autorizado a comprar 20 carros de bueyes, fundando lo que se conocería como la *Carretería de Su Magestad*, utilizada para el acarreo de leña para los hornos, el transporte de la madera usada para la entibación de la mina y el transporte de los cargamentos de azogue a Sevilla. Debido al aumento de la producción de azogue (de los 264 quintales de mercurio de 1559 se pasa a 1.743 quintales en 1570), es necesario ampliar el número de carretas para su transporte (figura 12).

Cuando por el motivo que fuera no era posible enviar el mercurio en carretas de bueyes, se usaban las mulas (figura 13). Así, en 1653, se envían 800 quintales de azogue a Sevilla en 422 acémilas, lo que supone que cada acémila cargaba 2 arrobas e iban 22 acémilas de auxilio. Al año siguiente se conducen 3.000 quintales de azogue en 500 carretas de bueyes por un precio de 6.000 escudos, de modo que cada carreta llevaba 6 quintales y cobraba 12 escudos.

El transporte de mercurio en carretas resultaba más económico que el transporte a lomos de mulas, a pesar de los largos rodeos que daba. Las carretas de bueyes empleaban un mes y medio en llegar a Sevilla, mientras que las mulas tardaban alrededor de una semana.

La supervivencia del transporte en recuas de mulas se explica porque en los meses de verano resultaba imposible encontrar pastos adecuados para los centenares de bueyes que tiraban de las carretas cargadas de azogue. Además, muchos de estos animales enfermaban y perecían a causa de los fuertes calores del estío. Así, pues, durante los meses de verano se suspendía el transporte en carros y se realizaba a lomos de mulas.

Los primeros envíos de azogue del año se iniciaban a mediados de abril, cuando los caminos dejaban de estar embarrados. Los bueyes invernaban entre noviembre y abril en la Dehesa de Alcuía, mientras se reparaban y preparaban los carros. Grandes extensiones de montes cercanos a Almadén estaban reservadas para uso privativo del establecimiento minero. En 1739, la jurisdicción de las minas abarcó a los montes situados en un radio de 10 leguas y en 1754 se extendió hasta 14, es decir, 77 km.

El transporte se organizaba en cuadrillas escalonadas de carros, para de ese modo asegurarse el forraje suficiente para los animales. Dada la importancia vital que tenía para la Corona la ruta del azogue, pronto se dictaron una serie de disposiciones



Figura 14. Los caminos del azogue de Almadén a Sevilla.

y privilegios encaminados a allanar las dificultades del viaje. Los bueyes y mulas que transportaban el azogue podían pastar libremente en las dehesas de los municipios que atravesaban; los carreteros estaban autorizados a cortar la madera necesaria para reparar los carros; estaban exentos del pago de peajes, portazgos y barcajes; también podían embargar en caso necesario el material imprescindible para los empaques de mercurio: badanas, baldes, cordeles, espuelas y serones.

El recorrido del azogue en su etapa peninsular presentaba tres variantes, dos caminos carreteros y uno arriero, que fueron utilizados desde el siglo XVI hasta la introducción del ferrocarril en la segunda mitad del siglo XVIII. Los tres caminos tenían un tramo inicial común, desde el almacén donde se empacaba el azogue en Almadén hasta la población de Azuaga (Badajoz) y los tres itinerarios se veían obligados a salvar la barrera natural del río Guadalquivir (figura 14).

- Un primer camino carretero discurre por Azuaga, Llerena, Santa Olalla y El Ronquillo, bordeando después el río Guadalquivir hasta cruzarlo a través del puente de barcas de Triana en Sevilla.
- Un segundo camino carretero discurre por Azuaga, Alanís, Constantina, Lora del Río y

pasaba el Guadalquivir en Alcolea del Río o Tocina usando un servicio de barcas.

- El tercer camino era arriero y discurría entre los dos anteriores, por Alanís, Cazalla de la Sierra, El Pedroso y cruzaba el río Guadalquivir en Cantillana con un servicio de barcas.

### Conclusión

La ruta del azogue, o Camino Real del Azogue, constituye un itinerario cultural de primer orden, a través del cual fue posible el desarrollo económico de la América colonial y el mantenimiento de la monarquía española. Además, este camino del mercurio permitió la difusión de conocimientos científicos y el intercambio tecnológico entre ambos continentes.

En las diferentes variantes del camino se unen tanto los valores paisajísticos y medioambientales como los patrimoniales, vestigio de la importancia de estas rutas en el pasado. En este contexto, Almadén será propuesto a la UNESCO como Patrimonio Mundial en la reunión que se celebrará en julio de 2012 en San Petersburgo.

La difusión cultural del Camino Real del Azogue ha sido el objetivo del proyecto "Puesta en valor y difusión cultural de la ruta histórica Camino Real del Azogue", subvencionado por el

Ministerio de Cultura de España. Los principales aspectos de su difusión se han correspondido con el trazado histórico y las figuras del patrimonio histórico-cultural que se encuentran en los municipios a su paso, con énfasis en la comprensión de las circunstancias que provocaron su uso y promoción en relación con las necesidades de azogue (mercurio) en las minas de plata de la América colonial, especialmente desde el siglo XVI hasta la primera mitad del siglo XIX. El proyecto ha contemplado la relocalización de este trazado histórico entre Almadén y Sevilla para su uso turístico y cultural. Actuaciones futuras estarán encaminadas a que esta ruta sea efectivamente recuperada y transitable.

### Agradecimientos

Los autores de esta publicación agradecen al Ministerio de Cultura la financiación del "Proyecto de puesta en valor y difusión cultural de la ruta histórica Camino Real del Azogue", así como al Ilustre Colegio Oficial de Geólogos su muy apreciable contribución a la difusión cultural de esta aún poco conocida ruta.

# Arqueometría de la cerámica romana de paredes finas: la producción de un alfar en León

El término de “paredes finas”, acuñado por Lamboglia en sus trabajos de *Albintimilium*, engloba una serie cerámica más amplia de lo que el propio vocablo expresa, si bien, por comodidad de uso, ha decidido mantenerse esta voz en los estudios cerámicos.

**TEXTO** I Rosario García Giménez, Departamento de Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, UAM. María Dolores Petit-Domínguez, Departamento de Química Analítica y Análisis Instrumental, Facultad de Ciencias, UAM. Isabel Rucandio, Unidad de Espectroscopía. CIEMAT. Esperanza Martín Hernández, Dolabra Arqueológica, Candás, Asturias.

Palabras clave

**Cerámica, cerámica romana, cerámica de paredes finas, Melgar de Tera, arqueometría.**

Dentro del grupo de la cerámica de paredes finas se engloba un conjunto de producciones de características dispares, aunque diferenciadas por una serie de elementos comunes. Entre éstos destaca el escaso grosor de sus paredes, entre 2 y 2,5 mm (Mayet, 1975), un cuidadoso tratamiento de las superficies (engobado, pulimento, alisado, bruñido), el uso preferente de unas formas frente a otras y un número determinado de decoraciones, inexistentes en algunos casos en otras especies cerámicas (Mayet, 1975; López Mullor, 1989; Mínguez Morales, 1991 y 2005).

Con la salvedad de algunos trabajos en que la cerámica de paredes finas ha sido considerada vajilla de uso común (Vegas, 1973), en general, los especialistas en la materia han venido considerándola cerámica de lujo y, más concretamente, *vasa potoria* o vasos para beber (Hilgers, 1969), elementos de menaje destinados a la bebida o a contener diversos líquidos. En el presente trabajo resulta especialmente significativa la función del recipiente en sí mismo, ya que en ocasiones no se trata de sencillos contenedores de bebida, sino de vasos destinados al trasiego, almacenaje o mezcla de líquidos, con las consecuentes necesidades de resistencia y perdurabilidad que estas funciones implican (Martín Hernández, 2008a).

La aparición de la cerámica romana de paredes finas habría tenido lugar en el segundo cuarto del siglo II a.C., imitando los elementos metálicos (Martín Hernández, 2008b) con diseminación en el cuadrante noroeste de la Península Ibérica en el siglo I a.C., primero, en las zonas de comercio costero y fluvial importante (Romero Carnicero *et al.*, 2006) y, más tarde, a consecuencia de la presencia del ejército romano en la zona (Morillo, 1999).

La proliferación de talleres locales a partir de época tiberiana en la Península Ibérica (circa 20-37 d.C.), generó un modelo de comercialización de producciones manufacturadas en regiones y/o localidades cercanas a los puntos de demanda, cuya finalidad se supone económica, ya que de este modo, además de minimizar costes de transporte, también

se reduce el precio final de las piezas, en ocasiones de menor calidad que los arquetipos originales.

En el presente caso aquí investigado se considera un sector muy concreto de la Península Ibérica: el Noroeste peninsular (*figura 1*). Hasta hace pocas décadas, se venía considerando la existencia de un único taller productor de cerámica de paredes finas, el de Melgar de Tera, abastecedor de las legiones asentadas en el Norte, conocido desde la década de los setenta (Martín Valls y Delibes de Castro, 1976) y excavado parcialmente en los ochenta (Lión Bustillo, 1988). El taller se caracteriza por la producción normalizada de únicamente dos formas cerámicas (*figura 2*): Melgar I y Melgar II (Gimeno García-Lomas, 1990), consistente en vasos realizados a torno, de mayor o menor tamaño, con una capacidad media de 33 cl, llegando incluso algunos hasta 1 l (Martín Hernández, 2008b), de forma generalmente ovoide o fusiforme y de labio habitualmente vuelto al exterior. La diferencia que permite establecer ambas variantes es la presencia o no de un marcado hombro en la zona bajo el cuello en el caso de la

forma II. La multiplicidad de variantes y subvariantes se ha elaborado (Carretero Vaquero, 2000) en base a pequeñas diferencias en el desarrollo de los vasos. Otra de las características específicas de estos vasos es un amplio repertorio decorativo, basado en motivos bastante reiterativos (mamelones, barbotina, arena, burilado y ruedecilla, primordialmente).

El desarrollo de las investigaciones ha motivado el reconocimiento de nuevos centros productores, como son los casos lucense o leonés y otros centros aún no reconocidos. En el caso lucense, la producción de paredes finas locales se centra en un lapso cronológico comprendido entre los años finales de la primera centuria d.C. y el comienzo de la siguiente (Alcorta Irastorza, 2001). Como sucede en muchos otros lugares, esta fábrica se caracteriza, entre otras cosas, por una llamativa imitación de formas (sobre todo, los tipos 38 y 40 de Mayet) en pastas distintivas de los alfares lucenses. En el caso leonés fue la observación directa la que motivó la apreciación de algunas producciones de pastas mucho más deleznales pero, sin embargo, de la misma forma que el

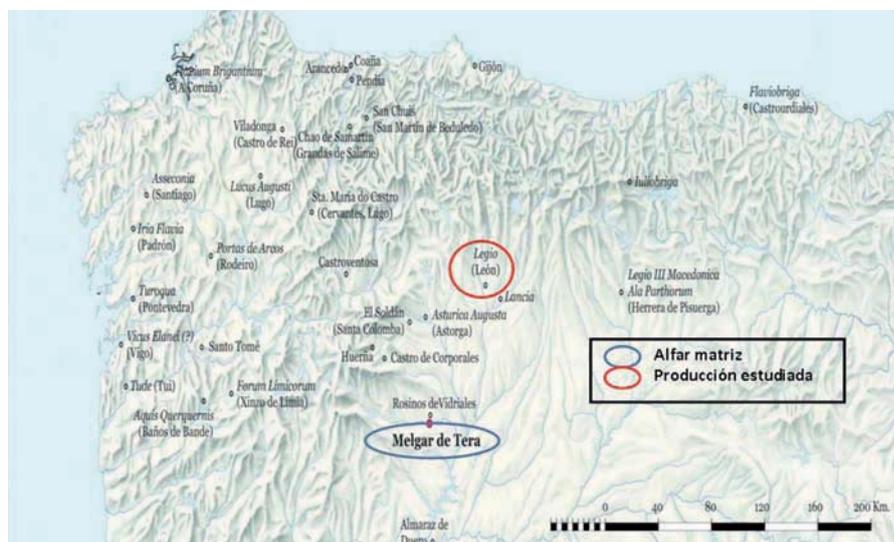


Figura 1. Mapa de distribución de los productos de paredes finas estudiados en este trabajo y de los del taller de Melgar de Tera.

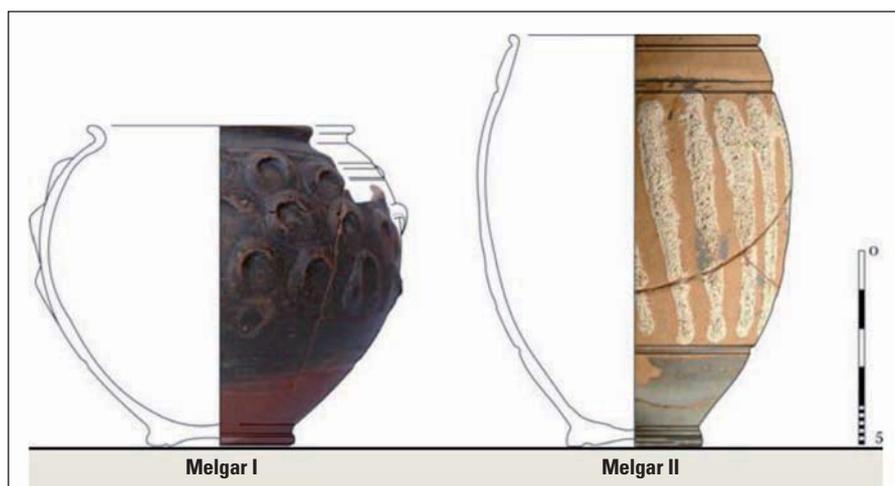


Figura 2. Ejemplos de cerámicas romanas de paredes finas tipo Melgar I y II (capacidad próxima a 0,33 l).

resto de los considerados tipos I y II de Melgar de Tera. Otras particularidades parecían acompañar esta diferencia, como era la menor adherencia de los engobes, las coloraciones de menor intensidad que las consideradas hasta el momento o la presencia de diferentes desgrasantes, más visibles que los percibidos en las piezas de mejor calidad; no obstante, la demanda de estas producciones se debía a la emulación de modelos, a la estandarización de la producción, aunque ésta fuese más precaria debido a la frecuencia de fallos de cocción y deformaciones.

En la actualidad, son muy escasos los estudios arqueométricos que de cerámica romana y prerromana se tienen en el cuadrante noroccidental de la Península (Burón Álvarez *et al.*, 1999; García Giménez *et al.*, 1999; Carmona *et al.*, 2009), por lo que la comparación con otros casos en estudio resulta imposible.

Ha sido la conjunción de estos dos factores (la consideración de un único alfar central para la fabricación de toda la cerámica de paredes finas del Noroeste y la escasez de bases de datos de comparación) lo que motivó el estudio comparativo entre las manufacturas de tipo "Melgar" documentadas

en diversos solares de *legio* y desechos de alfar procedentes de los talleres de Melgar de Tera.

Se puede afirmar que es posible seguir ampliando el espectro de talleres locales en el Noroeste (Bracara, Lucus, Asturica, Lancia, Herrera o Legio). Estos alfareros, que en un primer momento destinaron su producción a satisfacer las necesidades creadas tras los primeros establecimientos, no se limitaron posteriormente a fabricar un solo tipo cerámico, sino que diversificaron su producción, si bien con un origen basado en prototipos existentes.

El motivo de este trabajo es la consideración de la uniformidad de un conjunto de cubiletes y ollitas, características de todo el Noroeste peninsular, que constituye un grupo homogéneo, y que se consideró como procedente del alfar de Melgar de Tera, Zamora (Martín Hernández, 2008b) y que fueron descubiertas por Martín Valls y Delibes de Castro (1976), con trabajos de conjunto de Gimeno García-Lomas (1990) y Carretero Vaquero (2002). La difusión de la producción (figura 1) alcanza Galicia, Asturias, Cantabria y las provincias de Zamora, León, Palencia y Salamanca, posiblemente debido a la presencia de la vía que unía Bracara Augusta con Asturica Augusta.

## Materiales

Los materiales estudiados proceden del depósito de San Pedro y de la intervención de la calle San Lorenzo, ambos situados en el polígono de la Palomera (León). Este lugar fue utilizado como vertedero tras el abandono de la estructura hidráulica romana precedente y su cronología corresponde al segundo campamento de la *Legio VI victrix* (circa 20-70). Tipológicamente pertenecen a los denominados tipo Melgar (I y II), según Martín Hernández (2008b), y otras al tipo Melgar indeterminado. Además, se han introducido en el conjunto para comparar:

- Una muestra de imitación de *terra sigillata* (Drag 29) del depósito de San Pedro (Buxeda i Garrigós, 1995).
- Una muestra procedente de Emerita Augusta (Mérida) de paredes finas.
- Siete muestras procedentes de los alfares de Melgar de Tera, excavados por León Bustillo.

Se han estudiado, por tanto, un total de 40 ejemplares: 30 de los depósitos de San Pedro, uno del edificio balneario de San Lorenzo en el mismo polígono de La Palomera y las mencionadas anteriormente. Las muestras se han distribuido en los siguientes grupos, identificados por su procedencia y tipología:

1. Tipo Melgar I, procedente del depósito de San Pedro.
2. Tipo Melgar II, procedente del depósito de San Pedro.
3. Tipo Melgar indeterminado, del depósito de San Pedro.
4. Imitación de *terra sigillata* (Drag. 29).
5. Tipo Mayet XVII, manufacturada en Mérida.
6. Tipo Melgar II, procedente del edificio balneario de San Lorenzo.
7. Tipo Melgar indeterminado, de Melgar de Tera.

## Métodos

### Análisis químico mediante ICP/MS

En la totalidad de los análisis químicos por vía húmeda se requiere una puesta en disolución de la muestra que al tratarse de materiales silicatos, precisan de la utilización de una mezcla de ácidos, entre ellos, el ácido fluorhídrico, ya que es el disgregante más adecuado para la destrucción de la sílice, por volatilización como tetrafluoruro de silicio.

La muestra, una vez llevada a sequedad para eliminar el ácido fluorhídrico remanente, se pone nuevamente en disolución mediante adición de ácido clorhídrico para su posterior determinación por Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP/MS). El espectrómetro empleado ha sido ICP-MS Elan 6000 Perkin Elmer Sciex con autosampler AS91.

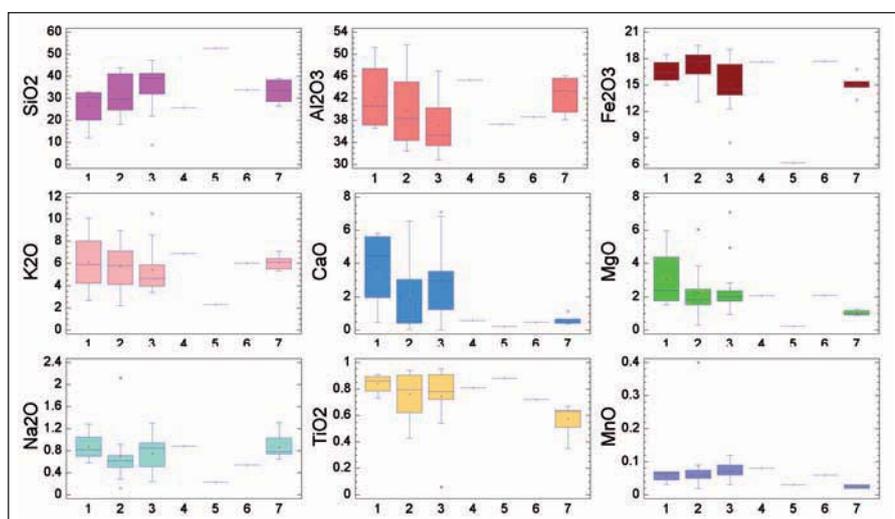


Figura 3. Diagrama de cajas y bigotes de los componentes químicos mayoritarios (expresadas en porcentaje) en función de los tipos de muestras y procedencia.

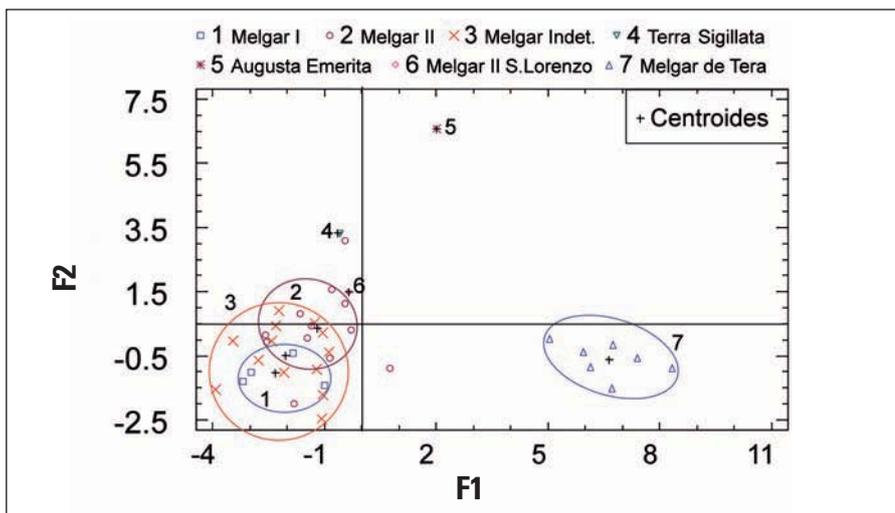


Figura 4. Análisis de componentes principales para los datos químicos en función de la ubicación del tipo y yacimiento donde fueron encontradas las cerámicas de paredes finas.

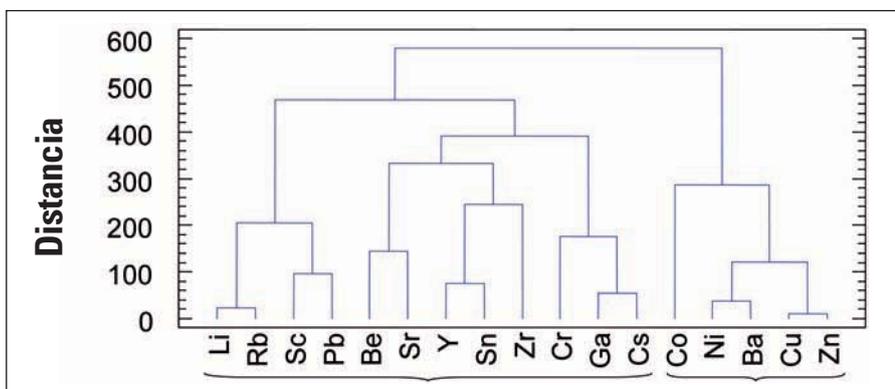


Figura 5. Dendrograma obtenido del análisis clúster para todas las muestras estudiadas agrupando los elementos químicos como menores constituyentes y elementos traza.

**Análisis mineralógico por DRX**

El análisis mediante Difracción de Rayos X (DRX) se ha realizado con un difractómetro Siemens D-5000. Los espectros de polvo desorientado se han registrado desde 3 a 65 grados con una velocidad de barrido de 2 grados por minuto. El tubo generador de rayos X utiliza como cátodo un filamento de wolframio y como ánodo una placa de cobre (CuK $\alpha$ ). La intensidad de corriente y voltaje aplicados al tubo generador de rayos X ha sido de 30 mA y 40 kV utilizando las rendijas de divergencia y recepción de 1 y 0,18 grados, respectivamente.

**Análisis microscópico de textura y composición**

El análisis mediante el microscopio de polarización se realiza preparando las muestras en láminas delgadas y observándolas con un microscopio petrográfico de polarización Orto Plan Pol Leitz, que permite definir las características comunes de las cerámicas y observar la textura, identificando los minerales presentes en la pasta.

**Resultados y discusión**

**Análisis químico**

En función de los grupos descritos se han efectuado los gráficos de cajas y bigotes con los resultados del

análisis químico de los mayores constituyentes (figura 3).

De ellos se infiere que la mayor concentración media (barra en el interior de la caja) de SiO $_2$  corresponde a las muestras indeterminadas de San Pedro (3). Evidentemente, la muestra de Mérida (5) usada como referencia, presenta una concentración aún superior, en contraposición con la de imitación de *terra sigillata* (4) que es la de menor contenido. El colectivo de muestras de Melgar de Tera (7) podría, para este elemento, coincidir con las de tipo II del depósito de San Pedro (2).

La concentración media de alúmina para las muestras de Melgar indeterminado (3) se sitúa en un valor inferior a cualquiera de los otros tipos y procedencias. La muestra Drag 29 (4) es la de contenido en aluminio más alto y las paredes finas de Melgar de Tera (7) podrían coincidir en este caso con las de Melgar I o II del depósito de San Pedro (1 y 2, respectivamente).

La variabilidad es grande en todas las muestras de cal excepto en las de Melgar de Tera; la muestra de *terra sigillata* y la de Mérida son de contenidos similares y ambos bajos.

La dispersión de los valores de magnesia en las muestras de Melgar tipo I (1) es grande, en contraposición a la escasa dispersión de las relativas a

Melgar tipo indeterminado (3), lo que coincide, en cierta manera, con las muestras de tipología II de San Pedro (2). Las muestras de Melgar de Tera y la de Mérida son de baja concentración en este compuesto.

El Na $_2$ O es de escaso contenido en todos los ejemplares estudiados, correspondiendo los valores más bajos a la muestra de Mérida (5) y los mayores a la Drag 29 (4).

Las muestras identificadas en el colectivo del tipo Melgar I (1) son las más dispersas en el análisis de K $_2$ O, con contenidos similares a las denominadas Melgar II (1) e indeterminadas (3). Analizando las muestras de referencia, la de menor concentración es la de Mérida (5), la más alta es la Drag 29 (4) y la de San Lorenzo (6) con valores similares a los de Melgar de Tera (7).

La concentración de TiO $_2$  se puede considerar en un rango bajo para todas las muestras, presentando mayor dispersión las de Melgar tipo II (2), destacando las menores concentraciones en las muestras de Melgar de Tera (7).

El contenido de Mn es también escaso en todas las muestras estudiadas y de rangos similares.

Fe $_2$ O $_3$  presenta una gran dispersión en las muestras denominadas como indeterminadas (3) situándose con menor contenido las de Melgar de Tera (7), en torno al 15%, y al 6% la de Mérida (5).

En líneas generales se puede deducir de todo lo anterior que todas las muestras son muy aluminicas (34-50% en Al $_2$ O $_3$ ), con gran proporción de SiO $_2$  (20-40%) y Fe $_2$ O $_3$  (12-20%). También destaca que en todas las muestras las concentraciones de K $_2$ O son superiores a las de Na $_2$ O. Existe también una gran correlación del K $_2$ O con el Al $_2$ O $_3$  y, en menor medida, con Na $_2$ O.

Con los resultados de los análisis químicos de los elementos minoritarios y traza se ha efectuado un estudio estadístico multivariante, mediante análisis discriminante, para agrupar los especímenes en grupos que presentan una composición similar en estos elementos (figura 4).

La función discriminante canónica F1 representa el 68,8% de la varianza total, mientras que la F2 supone sólo un 11,5%. Los elementos que tienen mayor peso en la función F1 son el Li (-2,1), Sn (-1,5), Y (1,5), Be (1,4) y Sc (1,2) y en la F2 el Rb (-1,6), Y (-1,4), Sc (1,1) y Sn (1,0). En esta figura 4 se reconocen cuatro grupos y tres muestras singulares, éstas son la imitación de *terra sigillata* (4), la de Mérida (5) y la de Melgar tipo II del depósito de San Lorenzo (6). Como conjuntos identificados se reconoce el que agrupa a las muestras de Melgar de Tera (grupo 7), en el cuadrante inferior derecho y muy separado del resto de los conjuntos. Las cerámicas del depósito de San Pedro forman los otros tres conjuntos, en los que se insinúa la separación de conjuntos pero no de forma clara ya que hay grandes áreas comunes. Parece que hay una mejor separación entre las muestras de Melgar tipo I y II, y las indeterminadas cubren ambas regiones. La

muestra de San Lorenzo es también Melgar II y podría incluirse dentro del grupo con esta tipología de San Pedro.

Las muestras de referencia, la Drag 29 (imitación de *terra sigillata*, 4) podría perfectamente ser una de las materias primas empleadas en la fabricación, ya que no dista mucho en composición de las de San Pedro. Sin embargo, la muestra de Mérida (5) está ubicada en el cuadrante superior derecho, lo que nos indica una composición muy diferente al resto.

Asimismo, se ha realizado un análisis clúster para agrupar los distintos elementos considerados como menores constituyentes y elementos traza en el conjunto de todas las muestras. El resultado se representa mediante un dendograma en la figura 5. La disposición de las concentraciones de elementos menores en la representación del dendograma ayuda a escindir la población estudiada en dos conjuntos, uno en relación con Co, Ni, Ba, Cu, Zn y el otro con un amplio elenco de otros oligoelementos analizados. Buena parte de los resultados de los elementos de este último grupo nos han servido para discriminar las cerámicas del alfar de Melgar de Tera del resto en el estudio anterior de análisis discriminantes, por lo tanto constituyen el grupo de variables que más diferencian la composición de las muestras en función de su origen.

#### Análisis mineralógico

Mediante análisis semicuantitativo por Difracción de Rayos X se puede obtener la composición de cada una de las fases identificadas en los difractogramas. La representación de las composiciones mineralógicas en gráfico de barras (figura 6) permite deducir que todas las ejemplares analizados se corresponden con pastas silicatadas, con contenidos relativamente bajos de carbonatos en su composición.

La mayoría de las muestras presentan en su composición mullita en cantidades más o menos similares. La presencia de esta fase mineralógica es indicio de una cocción de las piezas a altas temperaturas. Los filossilicatos son abundantes, alcanzando en algunos ejemplares elevadas proporciones, en varias cerámicas con valores superiores al 50% y en otras alcanzan hasta el 70%, el resto de los ejemplares son también silicatados pero con pastas más gruesas. El cuarzo está presente también en proporciones importantes, siendo éstas más o menos variables sin tener relación con el origen y tipología de las cerámicas. Los feldespatos se encuentran en todas las muestras excepto en 5, en concentraciones que varían entre el 0 y 50% con una media del 12%. Por último, la calcita es escasa o inexistente, con contenidos inferiores

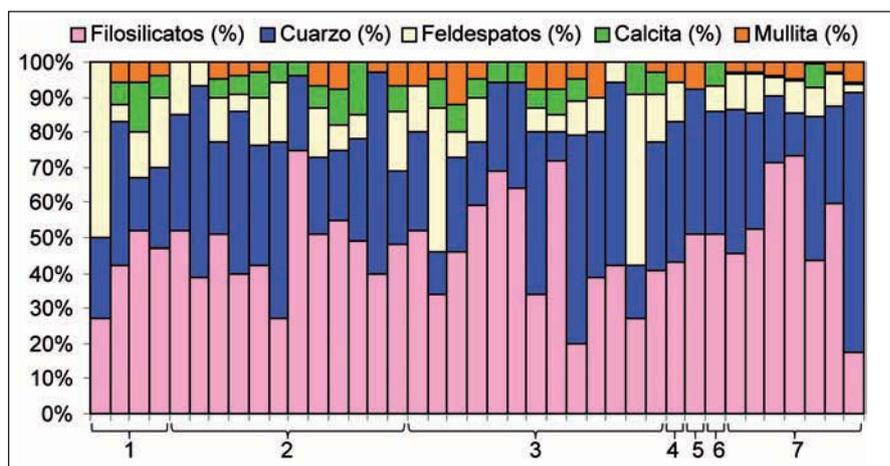


Figura 6. Diagrama de barras de los contenidos relativos a las fases mineralógicas mayoritarias agrupados por tipología y origen.

al 15% y con una media del 4,5%, generalmente se trata de calcita de recristalización.

#### Análisis microscópico de textura y composición

Con los estudios de láminas delgadas se han podido agrupar las cerámicas según sus semejanzas texturales y de composición. En la figura 7 se muestra una fotografía de lámina delgada de cerámica de Melgar de Tera con una pasta rica en cuarzo y frecuentes burbujas negras procedentes de la descomposición térmica de los carbonatos.

#### Conclusiones

Todos los ejemplares analizados se corresponden con pastas silicatadas, con contenidos relativamente bajos de carbonatos en su composición y muy arcillosas (con concentración de filossilicatos superior al 50%). Destaca la gran cantidad de muestras que contienen mullita, un mineral que indica que dichas pastas están cocidas a temperatura alta. Se puede decir que todas las muestras tienen alto contenido en aluminio ( $Al_2O_3$  entre 30 y 50%) y en hierro ( $Fe_2O_3$  superior a 10%), siendo la concentración de  $K_2O$  superior a la de  $Na_2O$ .

Hay una diferencia significativa entre la composición de los elementos minoritarios y traza de las cerámicas de paredes finas de Melgar de Tera comparadas con las encontradas en La Palomera (León), lo cual avala la hipótesis establecida de que estas últimas podrían haberse manufacturado en centros de producción locales. Los modelos estudiados procedentes de León, y no del alfar de Melgar de Tera, presentan una menor calidad de ejecución, así como diferentes pautas productivas, tanto en la composición como en la elaboración de las piezas.

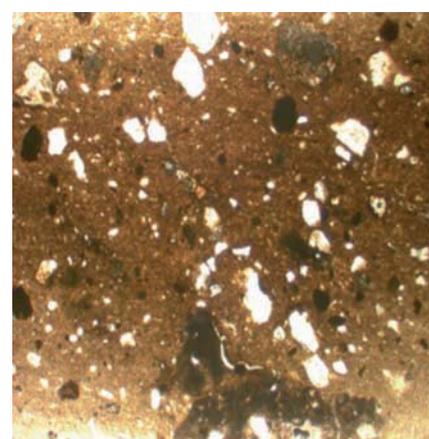


Figura 7. Fotografía microscópica de lámina delgada de una muestra cerámica del alfar de Melgar de Tera, Zamora (X64).

Los análisis realizados permiten sostener la teoría de diversidad en cuanto a grupos productivos se refiere. La uniforme población de Melgar de Tera no coincide con las del depósito de San Pedro (León) tipo Melgar y así se puede decir que éstas no han sido fabricadas en el alfar de Melgar de Tera y que conforman una población diferente aunque con la misma tipología. Las denominadas indeterminadas coinciden con la población relativa a Melgar tipo II en base a su concentración de magnesio y potasa.

Así pues, y a tenor de los resultados obtenidos, se mantiene la existencia de, al menos, un alfar en la zona donde se asentó la *Legio VI Victrix*, en León, (época augustea, 15 d.C.), de localización aún hoy desconocida, que manufacturó desde los momentos del asentamiento, cerámica de paredes finas de las formas reconocidas como "tipo Melgar".

#### Bibliografía

- Alcorta Irastorza, E. J. (2001). *Lucus Augusti. II. Cerámica común romana de cocina y mesa hallada en las excavaciones de la ciudad*, A Coruña.
- Burón Álvarez, M.; García Giménez, R. y Suárez Vega, R. (1999). Composición mineralógica de materiales cerámicos de época altoimperial producidos en *Asturica Augusta* (Astorga, León). La posible existencia de un alfar, *XXIV CNA: Romanización y desarrollo urbano en la Hispania republicana*, Cartagena, 1997, Murcia, 323-330.
- Buxeda i Garrigós, J. (1995). *La caracterització arqueomètrica de la ceràmica de Terra Sigillata Hispanica Avançada de la ciutat romana de Clunia i la seva contrastació amb la Terra Sigillata Hispanica d'un centre productor contemporani, el taller de 'Abella*, Col·lecció de Tesis Doctorals Microfitxades 2524, Universitat de Barcelona.

- Carmona, N.; García-Heras, M.; Villegas, M. A.; Fernández-Posse, M. D. y Sánchez-Palencia, F. J. (2009). Producción cerámica en las Médulas (León). Una comparación diacrónica a través de métodos arqueométricos, *VII Congreso Ibérico de Arqueometría*, S3: cerámica y vidrio, 277-287.
- Carretero Vaquero, S. (2000). *El campamento romano del ala II Flavia en Rosinos de Vidriales (Zamora)*. La cerámica, Zamora.
- Carretero Vaquero, S. (2002). Gusto y tendencias en el consumo cerámico del ala II Flavia en *Petauonium*, Morillo, A. (coord.), *Arqueología militar romana en Hispania*, Anejos de Gladius, nº 5, 359-368.
- García Giménez, R.; Bernal Casasola, D. y Morillo Cerdán, A. (1999). Consideraciones sobre los centros productores de lucernas tipo 'Andújar': análisis arqueométrico de materiales procedentes de los Villares de Andújar (Jaén) y de la submeseta norte, *Arqueometría y Arqueología. II Reunión de Arqueometría. I Congreso Nacional*, Granada, 187-195.
- Gimeno García-Lomas, R. (1990). El alfar romano de Melgar de Tera, *I Congreso de Historia de Zamora II. Prehistoria e Historia Antigua* (1988), Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo, Zamora, 587-610.
- Hilgers, W. (1969). *Lateinische Gefäßnamen. Bezeichnungen Funktion und Form Römischer Gefäße nach den antiken Schriftquellen*, Dusseldorf.
- Lión Bustillo, M. C. (1988). Excavaciones en el alfar de cerámica de paredes finas en Melgar de Tera, Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo, Anuario de 1988, Zamora, 99-100.
- López Mullor, A. (1989). *Las cerámicas romanas de paredes finas en Cataluña*, Barcelona.
- Martín Hernández, E. (2008a). *La céramique romaine de parois fines dans le quartier nord-occidental de la péninsule Ibérique*, Société Française d'Etude de la Céramique Antique en Gaule, L'Escala-Empúries, 219-236.
- Martín Hernández, E. (2008b). *Cerámica romana de paredes finas de época julioclaudia en el campamento de la Legio VI victrix y VII gemina. Estudio de los materiales procedentes del polígono de la Palomera (León)*, León.
- Martín Valls, R. y Delibes de Castro, G. (1976). "Hallazgos arqueológicos en la provincia de Zamora (III)", *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología* XLII, 411-440, en esp. "Alfar de paredes finas en Melgar de Tera", 426-427.
- Mayet, F. (1975). *Les céramiques a parois fines dans la Péninsule Ibérique*, París.
- Mínguez Morales, J. A. (1991). "La cerámica de paredes finas: generalidades", *Monografías Arqueológicas*, nº 35, Zaragoza.
- Mínguez Morales, J. A. (2005). "La cerámica de paredes finas", M. Roca Roumens, M. I. Fernández García (coords.), *Introducción al estudio de la cerámica romana. Una breve guía de referencia*, Málaga, 317-404.
- Morillo, A. (1999). "Lucernas romanas en la región septentrional de la península Ibérica. Contribución al conocimiento de la implantación romana en Hispania", 2 vol., *Monographies Instrumentum*, nº 8, Montagnac.
- Romero Carnicero, M. V., Carretero Vaquero, S., del Valle González, A., Niño Sacristán, M. P. y González de Garibay, V. (2006). La comercialización de productos cerámicos en *Petavonium*, Morillo, A. (ed.) *Arqueología militar romana en Hispania II. Producción y abastecimiento en el ámbito militar*, León, 135-166.
- Vegas, M. (1973). Cerámica común romana del Mediterráneo Occidental, *Publ. Event. nº 22, Inst. Arq. y Preh. Univ. Barcelona*, Barcelona (en esp. 61-160).

## Oferta especial para GEÓLOGOS/AS COLEGIADOS/AS



**Descuento económico directo  
al contratar Regal Auto, Moto, Hogar y Vida**

**Y además, si contratas una nueva póliza Regal Auto del 16/01/12 al 15/04/12  
Te reembolsamos 75€ ó 50€ en tu cuenta del precio de tu seguro\***

**Extensivo a la pareja,  
hijos y padres que  
que convivan en el  
mismo domicilio que  
el colegiado/a**

**93 489 06 77** (Laborables de 8 a 22 h )

**902 444 707** ( Laborables de 8 a 22 h y sábados de 9 a 14 h )

**Si prefieres que Regal te llame**

**638 444 109** ( SMS sin coste adicional con tu nombre )

**esther.perez@libertyseguros.es** ( nombre y teléfono )

\* Oferta para nuevas contrataciones auto realizadas en las fechas de la promoción. No válido para renovaciones. Reembolso de 75€ en modalidades Todo Riesgo y 50€ en Modalidades de Terceros. El reembolso se hace aprox. a los 45 días desde la fecha de inicio de la póliza, en la cuenta bancaria donde se haya hecho efectivo el pago del seguro. De conformidad con el art. 33 de la Ley 35/06 de 28 de noviembre del IRPF, estos pagos tienen consideración de beneficios patrimoniales. Oferta no acumulable a otras ofertas. Oferta sujeta a la normativa de suscripción de la compañía, consulte condiciones. Compañía aseguradora: Liberty Seguros, Compañía de Seguros y Reaseguros, S.A. A través de su canal directo: Regal.

# La polémica darwinista en los manuales escolares de Ciencias Naturales de segunda enseñanza durante el último tercio del siglo XIX en España e Inglaterra

Se expone cómo se enseñó el darwinismo en España en el último tercio del siglo XIX, a pesar de la controversia que suscitó en todos los ámbitos políticos y sociales del país, al tiempo que se analiza cómo se introdujo la nueva teoría en las escuelas inglesas durante el mismo periodo, haciendo especial mención a los manuales escolares de Geología.

**TEXTO Y FOTOGRAFÍAS** | Margarita Hernández Laille. Dra. en Ciencias de la Educación por la UNED, colaboradora del Centro Manes (UNED), Fellow de la Linnean Society of London, representante en España de la Society for the History of Natural History.

Palabras clave

**Darwinismo, antidarwinismo, concordismo, creacionismo, manuales escolares, ciencias naturales.**

Cuando Darwin publicó *On the origin of species* cambió de manera significativa la cosmovisión tradicional e ideológica existente, influyendo definitivamente en el desarrollo del pensamiento humano.

La introducción y difusión del darwinismo siguieron diversas trayectorias en los distintos países y las controversias que surgieron fueron muy diferentes en su intensidad y duración. En España, Diego Núñez afirma que a pesar de los problemas que encontró la ciencia para su desarrollo, la teoría de la evolución de Darwin hizo su entrada en fechas muy tempranas, pudiendo asegurarse que empezó a debatirse y difundirse antes de la Revolución de 1868 (Núñez Ruiz, 1987).

Con la Restauración monárquica de 1875, se reinstauró la lista de libros de texto autorizados y censurados de 1857, al mismo tiempo que el marqués de Orovio ordenaba a los rectores que impusiesen la enseñanza de acuerdo con el dogma católico y con el ideario político del régimen.

En 1876, varios profesores expulsados de la universidad por no estar de acuerdo con estas restricciones educativas, entre los que se encontraban Augusto González Linares y Nicolás Salmerón, fundaron, dirigidos por Francisco Giner de los Ríos, la Institución Libre de Enseñanza, de la que Darwin fue miembro honorario, y el darwinismo fue enseñado en sus aulas. Un año después, en 1877, se publicaba en español el *Origen de las especies*.

En Inglaterra, la obra de Darwin provocó críticas hostiles, pero a los diez años de su publicación Darwin contaba con la adhesión de la mayoría de los naturalistas ingleses.

Respecto de la educación, en Inglaterra no hubo una legislación restrictiva de libertad ni un sistema de lista de libros de texto, pero la implementación de la enseñanza de la ciencia

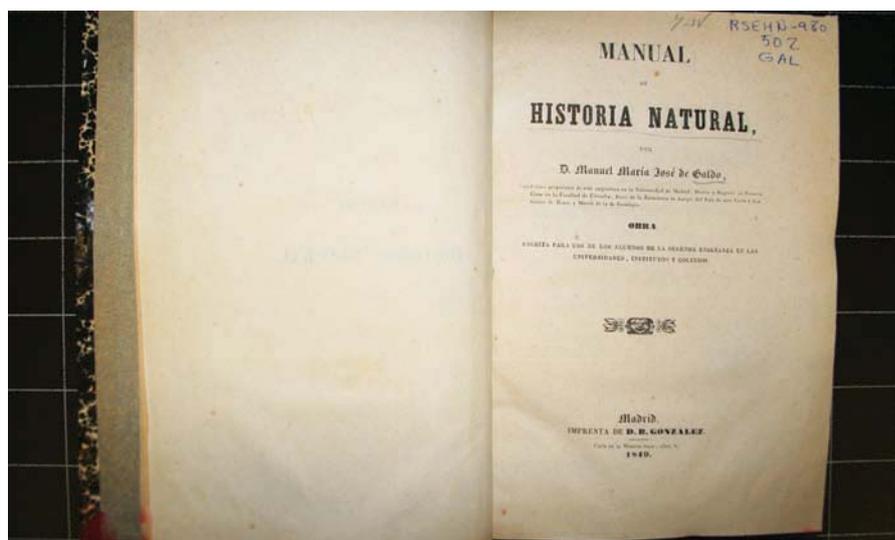


Figura 1. Portada de la primera edición del Manual de Historia Natural, de José de Galdo (reeditada en Madrid, Imprenta de D. B. González en 1849).

tuvo serias dificultades. Fue a partir del *Clarendon Report* de 1864 y del *General Report* de Matthew Arnold de 1867 cuando empezó a emerger con fuerza la enseñanza científica en este país.

La Iglesia anglicana, personificada por Samuel Wilberforce, arremetió contra la Asociación Británica para el Progreso de la Ciencia en 1860, con motivo de la publicación del *Origen de las especies*, pero en 1896 el clero aceptó la teoría de Darwin.

## El darwinismo en los manuales escolares de Ciencias Naturales publicados en España antes de 1874

Darwin no tardó en introducirse en las aulas de una sociedad ávida de modernización, así como tampoco faltaron autores antidarwinistas ni los

que concordaron, desde las dos vertientes, la ciencia con la Biblia.

Este concordismo entre la religión y la ciencia había sido ya defendido en 1848 en la primera edición del *Manual de Historia Natural* (figura 1), de Manuel María José de Galdo, catedrático de la asignatura en el Instituto del Noviciado de Madrid.

En 1859, Rafael García Álvarez, catedrático de Historia Natural en el Instituto de Granada, publicó la primera edición de *Nociones de Historia Natural*, donde incluía un capítulo de concordancia entre la ciencia y la Biblia, aunque también afirmaba que: "Las diferencias que accidentalmente presentan los individuos de una misma especie forman las *variedades*, las cuales constituyen las *razas* cuando estas diferencias se hacen

constantes por la generación". Estas palabras podrían considerarse un tímido adelanto de las afirmaciones evolucionistas de signo darwinista que el autor desarrolló más ampliamente en la segunda edición de su libro publicado en 1867 (figura 2), donde decía: "El reino animal considerado en su conjunto viene a representar un plan de gradación, en el que elevándose la animalidad desde un minimum en que toca a la vegetabilidad, llega a un maximum de desenvolvimiento coronado por la *humanidad*, síntesis de aquella y a cuya serie ascendente se ha dado el nombre de *serie o escala animal*".

Durante la década de 1860, autores como Serafín Casas Abad (1860), Sandalio Pereda y Martínez (1861), Laureano Pérez Arcas (1861) o José Monlau (1867) defendieron el creacionismo.

En la década de 1870 se publicaron en España libros de Ciencias Naturales que citaban a Darwin, tales como *Las habitaciones maravillosas* de L. Rosusseau, traducida por Florentino Janer (1870), o el *Ensayo de una introducción al estudio de la Historia Natural* de Augusto González Linares (1873).

### El darwinismo en los manuales escolares de Ciencias Naturales de segunda enseñanza publicados en España durante la alta Restauración

#### Manuales escolares creacionistas

En 1878, diecinueve años después de la publicación de *On the origin of species*, Joaquín González Hidalgo, médico y catedrático de Ciencias Naturales en la Universidad Central, todavía afirmaba en la introducción de la séptima edición de sus *Nociones de Fisiología e Higiene*, tal y como lo haría en la novena edición de 1883, que la humanidad no había descifrado todavía el misterio del origen y la evolución de la vida, y que no se sabía más que lo que estaba consignado en los libros sagrados.

En 1882, Félix Sánchez Casado escribía en sus *Elementos de Historia Natural* que la Biblia nos revelaba el perfecto conocimiento de la naturaleza y que el hombre "es la obra maestra de la creación, que Dios hizo a su imagen y semejanza".

En 1896 Manuel Mir y Navarro también se declaraba creacionista. En 1897, Serafín Casas Abad sostenía en sus *Elementos de Historia Natural* que "eso de admitir una energía creadora pródiga y suficiente para la conservación y reproducción de todos los seres, sin admitir la existencia de Dios, es un ridículo absurdo". Y casi a finales de siglo, en 1898, Manuel Díaz de Arcaya, catedrático de los institutos de Ávila y Zaragoza, defendía las ideas fijistas en sus *Elementos de Historia Natural*.

#### Manuales escolares concordistas

Tampoco faltaron en este periodo autores de libros de texto creacionistas, e incluso darwinistas,

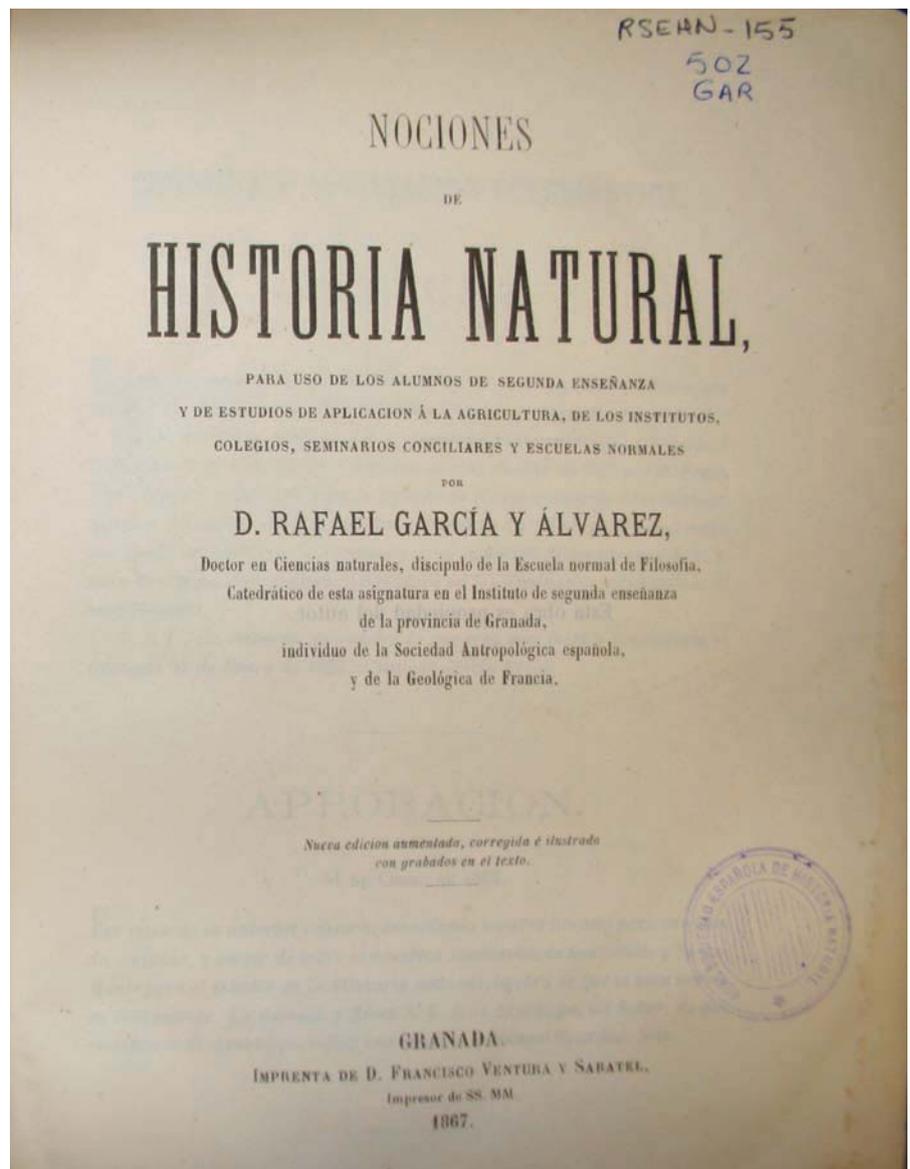


Figura 2. Portada de la segunda edición de *Nociones de Historia Natural*, de Rafael García Álvarez (Granada, Imprenta de D. Francisco Ventura y Sabatel, 1867).

que concordaron el dogma bíblico con las teorías científicas, dedicando a este tema, en ocasiones, un capítulo específico en sus libros de texto.

Entre los escritores concordistas destacaron Emilio Ribera Gómez (1877), Manuel María José de Galdo (1878), Manuel Díaz de Arcaya (1879), José Monlau (1881), Ramón Martínez-Vigil (1883), José Albiñana (1883), Gabriel Corbella (1889) y Manuel Mir y Navarro (1896).

#### Manuales escolares antidarwinistas

Otros autores se declararon antidarwinistas a través de sus manuales escolares, algunos de los cuales citaron a Darwin al aducir sus argumentos.

Dentro de este grupo debemos citar a Laureano Pérez Arcas y a Felipe Picatoste Rodríguez, el cual afirmaba que "la ciencia no había podido explicar ni el principio ni la evolución de las especies orgánicas, por más que se hubiesen presentado muchas hipótesis, entre las que citaba como las más importantes la de la generación espontánea y

la de la transformación de las especies, considerando ésta última dentro de las muchas "excentricidades científicas" que habían pretendido explicar la generación de las actuales especies".

Hubo incluso autores que llegaron a negar en sus libros de texto la validez científica de la Geología y de la Geogenia, como el catedrático del Instituto de Valladolid, Luis Pérez Mínguez, que en 1893 decía que estas dos ciencias eran las que habían suministrado más armas a los que iban buscándolas contra la religión, y que los fundamentos de la Geología distaban mucho de ser verdades absolutas, no pudiendo servir "para apoyar ni para destruir una institución que tiene sus fundamentos en los cielos".

En 1895, Demetrio Fidel Rubio y Alberto calificaba la teoría del origen de las especies de Darwin de "tan seductora como incierta, que se apoya en hipótesis más o menos gratuitas, sin que pueda citarse un solo hecho de observación ni experiencia que lo confirme". En 1897, Pérez Mínguez publicaba la octava edición de *Nociones de Fisiología e*

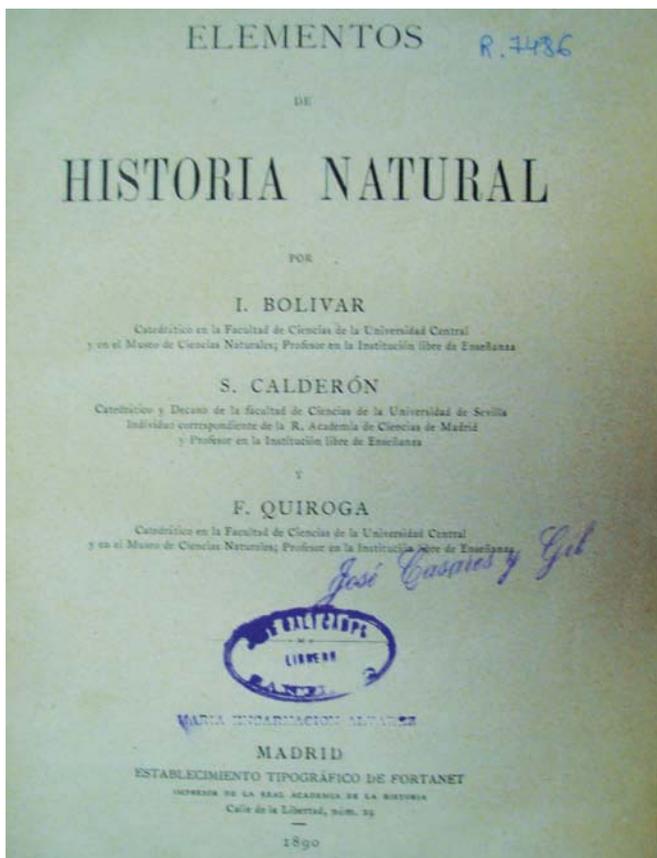


Figura 3. Portada de la primera edición de Elementos de Historia Natural, de Bolívar Urrutia, I. y Calderón y Arana, S. y Quiroga y Rodríguez, F. (Madrid, Establecimiento Tipográfico de Fortanet, 1890).



Figura 4. Portada del Diccionario de Historia Natural, de Odón del Buen y del Cos (Barcelona, Imprenta de Salvador Manero Bayarri, 1891).

Higiene, de claro carácter antidarwinista y, un año después, Fidel Faulín Ugarte afirmaba que “ninguna especie, por más variedad y cambios que presentase, se había transformado en un nuevo tipo, ni por variaciones lentas ni por cambios bruscos”.

Una vez iniciado el siglo XX continuaron las reprobaciones directas a las ideas de Darwin, como las que hizo Félix Sánchez y Casado afirmando que “la supuesta teoría de Darwin acerca de la mutabilidad de las especies se apoya en hipótesis gratuitas, está en abierta contradicción con los datos suministrados por el estudio atento e imparcial de la Naturaleza, y sus tendencias son gravemente perniciosas” (Sánchez y Casado, 1901).

#### Manuales escolares de Ciencias Naturales que introdujeron la teoría de la evolución de Darwin en sus contenidos

**Manuales darwinistas que citan a Darwin.** En 1877, Peregrín Casanova Ciurana, catedrático de la Universidad de Valencia y autor del primer libro darwinista de biología publicado en España, decía que muchos conocían a Darwin de nombre, pero pocos comprendían su doctrina, a pesar de lo cual algunos le odiaban.

Igualmente, Rafael García Álvarez defendió el darwinismo en 1883, citando a Darwin, en su *Estudio sobre el transformismo*.

La década de 1890 fue prolífica en manuales escolares darwinistas. En 1890, Ignacio Bolívar y

los geólogos Salvador Calderón y Francisco Quiroga publicaron sus *Elementos de Historia Natural*, donde citaban a Darwin y explicaban su teoría (figura 3). Cuatro años después, en 1894, José de Galdo publicó la primera parte de la novísima edición de *Elementos de Historia Natural*, donde nombraba a Darwin por primera vez, diciendo que era “una de las figuras más notables del mundo”. Un año más tarde se publicaba la segunda parte de esta novísima edición, donde la doctrina darwinista se extendía por todas sus páginas.

También defendió a ultranza la teoría de Darwin el doctor en Ciencias Naturales y catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona, Odón de Buen y del Cos. En el primer volumen de su *Historia Natural*, Odón decía que “es continua la transformación en la Naturaleza” y “la variedad aumenta sin cesar”, por lo que, en su opinión, “el concepto que debemos formar de la vida es un *concepto evolutivo*” (Buen y del Cos, 1896).

En 1897, José Gogorza y González afirmaba que en ese momento las ideas de Darwin eran admitidas por la mayor parte de los sabios y al comenzar el siglo XX Ignacio Bolívar y Salvador Calderón reconocían a Darwin como el fundador de la teoría de la evolución y el impulsor del notable desarrollo de las ciencias biológicas.

**Manuales escolares darwinistas en los que Darwin no es citado.** En 1874, Rafael García Álvarez se declaraba darwinista en su *Tratado*

*elemental de Fisiología general y humana*, y Enrique Serrano Fatigati lo hacía en *La evolución en la Naturaleza*, aunque ninguno de los dos nombraba a Darwin.

Tampoco citaba al sabio inglés Odón de Buen en su *Cartilla de Historia Natural* (1888), en cuyos contenidos, a la manera de las lecciones de cosas, el profesor incitaba al alumno a la observación de que en la naturaleza todo se transforma y le decía que los seres que se asocian son los más fuertes, aconsejándole que viviese bien con sus semejantes para resistir la lucha por la vida y que conociese a los seres para acabar con las supersticiones, ni en su *Diccionario de Historia Natural* (1891) ilustrado en color (figura 4).

Rafael García Álvarez introdujo el darwinismo en sus *Elementos de Historia Natural* (1891) (figura 5); con el cambio de siglo Salvador Calderón lo hizo en *Nociones de Historia Natural* y, en 1901, Eduardo José Abela publicó *Principios de Geología y Principios de Mineralogía*; todos ellos sin citar a Darwin explícitamente.

#### El darwinismo en los manuales escolares de Ciencias Naturales de enseñanza secundaria publicados en Inglaterra

##### Manuales escolares antidarwinistas

El único autor inglés antidarwinista al que puedo hacer referencia fue John Hutton Balfour, el



Figura 5. Página ilustrada de Elementos de Historia Natural de Rafael García Álvarez (Granada, Indalecio Ventura, 1891).

cual, en 1852, decía en su primera edición de *A class of Botany* que la doctrina de la transformación de las especies y su aplicación al fenómeno geológico era “gratuita y absurda”, y todavía en 1875 afirmaba en su *Manual of Botany* que si bien los estudios de Darwin habían aportado mucho al conocimiento de los seres vivos, éstos habían sido formados por Dios con orden y método, añadiendo que Darwin no era de su agrado porque consideraba que tenía una actitud intelectual de superioridad al ponerse en el lugar del Creador.

#### Manuales escolares concordistas

Asimismo, solamente puedo citar dos autores que a partir de la década de 1850 concordasen las ideas religiosas con las teorías científicas. El primero fue David Page, en su *Introductory text-book of Geology*, y el segundo William Buckland en *Geology and Mineralogy considered with reference to Natural Theology*.

#### La presencia de las ideas de Darwin en los libros de texto ingleses editados antes de la publicación de 'On the origin of species'

La referencia a Darwin y a su trabajo se introdujo en las aulas inglesas antes de la publicación del *Origen de las especies*.

En 1854, Thomas Henry Huxley publicó *On the educational value of the Natural History Sciences*, donde sostenía que la ciencia no es más que “sentido común educado y organizado” y defendía el evolucionismo aunque sin citar a Darwin.

Entre los manuales escolares de segunda enseñanza que incluyeron las ideas de Darwin antes de la publicación del *Origen*, se encuentra *Advanced text-book of Geology* (1856), de David Page, en cuyos contenidos se citaba a Darwin (figura 6).

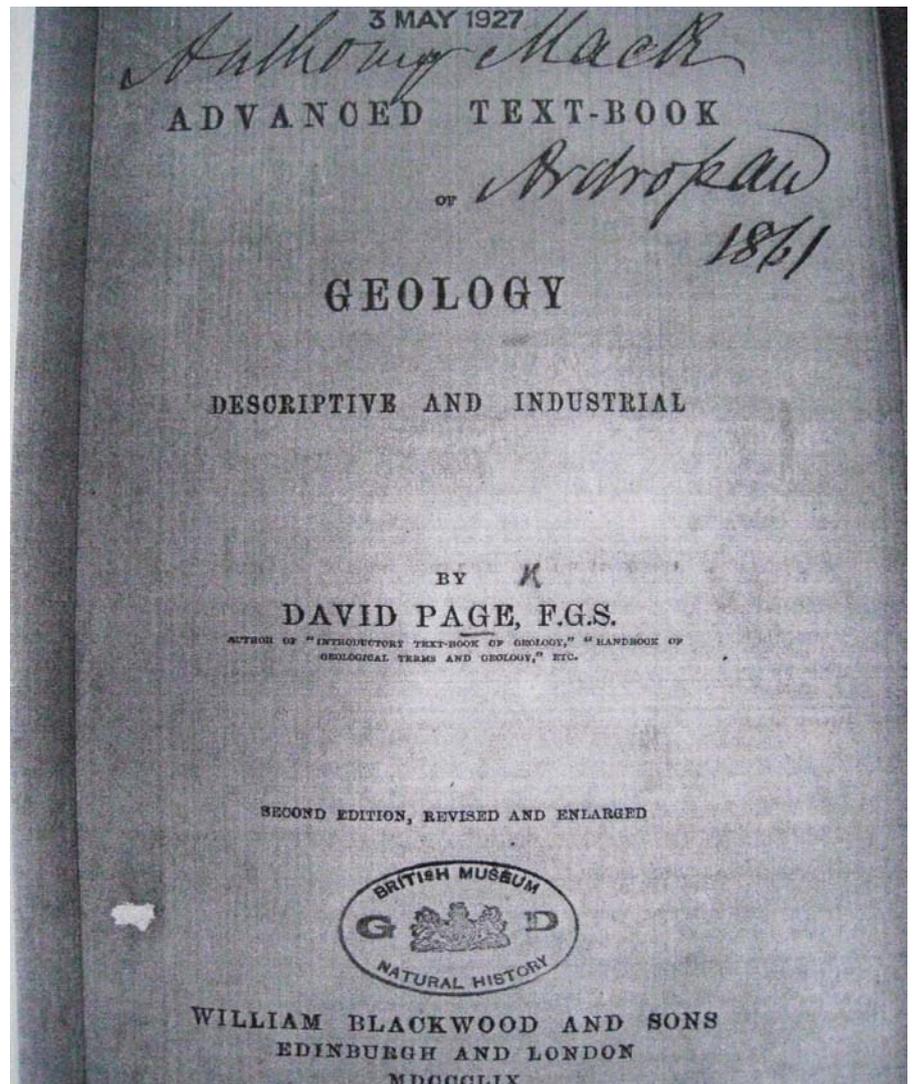


Figura 6. Portada de la segunda edición de *Advanced text-book of Geology*, de David Page (Edinburgh and London, William Blackwood and Sons, 1859).

#### El darwinismo en los manuales escolares de Ciencias Naturales de segunda enseñanza publicados en Inglaterra de 1859 a 1870

El 26 de diciembre de 1859, Thomas Henry Huxley publicaba en el diario *Times* el ensayo *The Darwinian hypothesis. Darwin on the origin of species*, donde ensalzaba la obra de Darwin.

Otro precursor de la enseñanza del darwinismo en Inglaterra fue el geólogo Joseph Beete Jukes, que en *The student's manual of Geology* (1862) citaba a Darwin y analizaba detenidamente su teoría de la evolución (figura 7).

En 1863, Huxley sacó a la luz su *Evidence as to Man's Place in Nature*, con la famosa imagen que comparaba los esqueletos de gibón, orangután, chimpancé, gorila y hombre (figura 8), y entre 1864 y 1867 Herbert Spencer publicó *The principles of Biology*, citando a Darwin.

#### El darwinismo en los manuales escolares de Ciencias Naturales publicados en Inglaterra de 1870 a 1902

**Manuales escolares darwinistas que citaban a Darwin.** En la década de los setenta

del siglo XIX, varios autores darwinistas ingleses citaron a Darwin en sus manuales escolares. En 1870 se editó *A manual of Zoology*, de Henry Alleyne Nicholson, cuyo primer tomo, dedicado a los animales invertebrados, explicaba la teoría darwiniana citando explícitamente a su autor. Un año después, el afamado geólogo Charles Lyell publicaba la primera edición de *Student's Elements of Geology* y, en 1873, el geólogo Jonh Beete Jukes volvía a citar a Darwin y a exponer su teoría de la evolución en *The schools manual of Geology*. En 1876, David Page publicaba la sexta edición de su *Advanced text-book of Geology*, y James Geikie publicaba *Geology* (figura 9) nombrando a Darwin.

En 1882, Archibald Geikie editaba *Text-book of Geology* y, a mediados de la década de los noventa, B. Lindsay reconocía la importante aportación de la teoría darwinista al conocimiento. Por su parte, William Jerome Harrison, el viejo, afirmaba que Darwin ya había explicado su teoría acerca de la formación de las islas de coral alrededor de 1845.

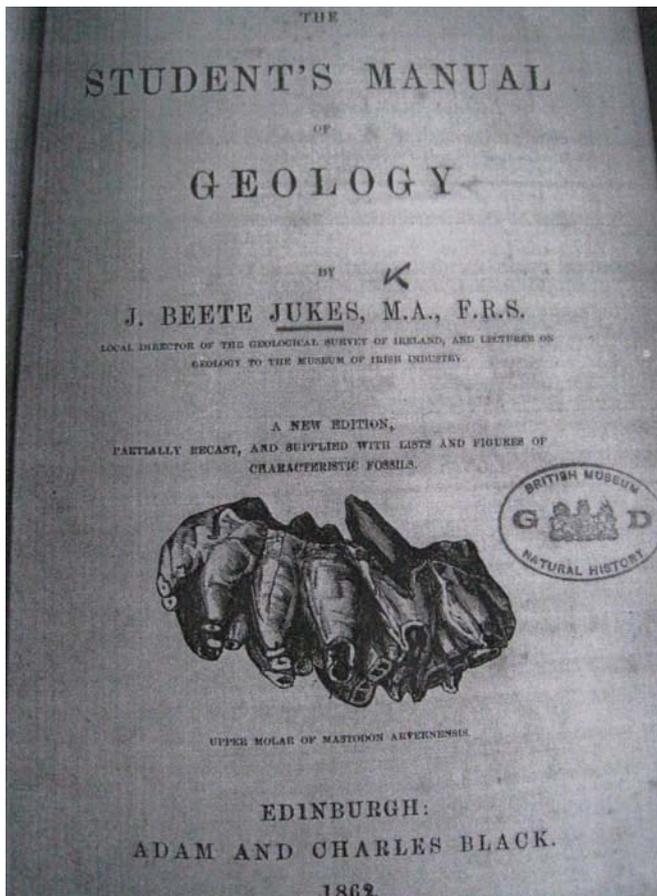


Figura 7. Portada de The student's manual of Geology, de J. Beete Jukes (Edinburgh, Adam and Charles Black, 1862).

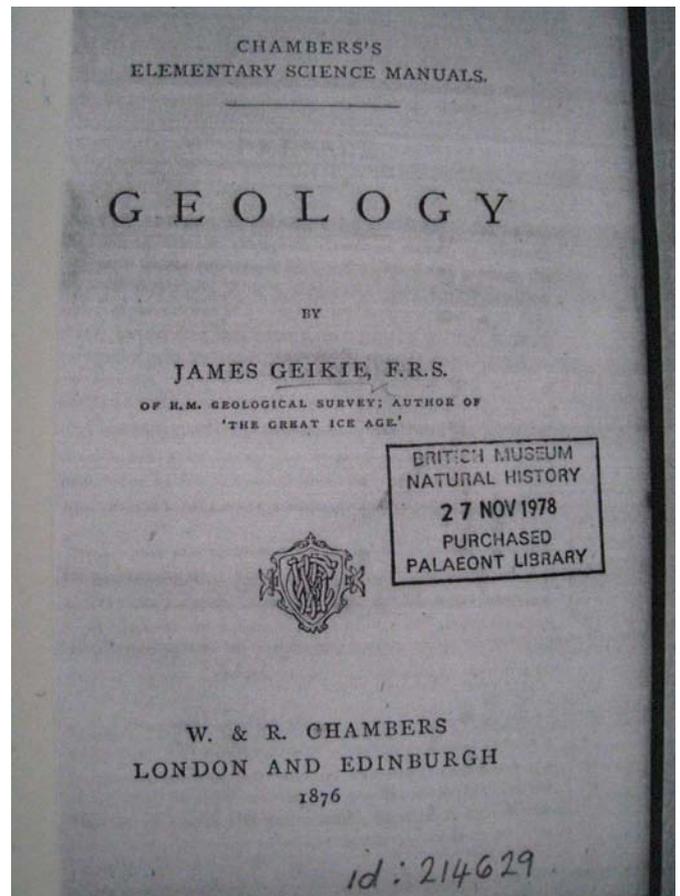


Figura 9. Portada de Geology, de James Geikie (London and Edinburgh, W. & R. Chambers, 1876).

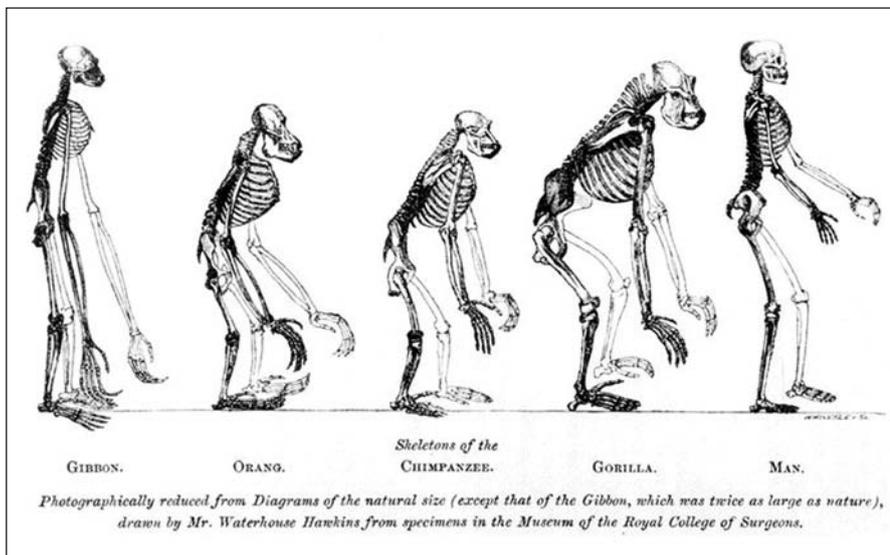


Figura 8. Ilustración incluida en el ensayo Evidence as to man's place in nature de Thomas Henry Huxley en 1863, que compara los esqueletos de gibón, orangután, chimpancé, gorila y hombre.

**Manuales escolares darwinistas donde Darwin no es citado.** Durante este periodo también se publicaron en Inglaterra manuales escolares de contenido darwinista para la enseñanza de la zoología, la biología, la botánica y la fisiología, donde Darwin no fue citado expresamente. Incluso en 1899, Francis Darwin hizo referencia a la selección natural en *The elements of Botany*, pero sin citar a su padre.

**Algunas conclusiones gráficas**

A modo de conclusión, se incluye un resumen de los manuales escolares darwinistas publicados en España e Inglaterra durante las décadas correspondientes a la última mitad del siglo XIX y un estudio porcentual de los manuales españoles e ingleses creacionistas, antidarwinistas, concordistas y darwinistas analizados.

A pesar de que el número de manuales escolares de carácter creacionista publicados en España en el periodo histórico estudiado superó claramente a las demás categorías, en este estudio se ha elegido al azar un número reducido de los mismos, ya que, en sus contenidos, todos ellos defienden por igual la creación por un ser supremo de todos los seres vivos que habitan la Tierra.

En la figura 10 se muestran los manuales escolares darwinistas publicados en España en cada década, desde 1860 hasta 1902. El único manual darwinista que aparece en el periodo de 1860 a 1870 fue publicado en 1867, y el que cita a Darwin por primera vez corresponde a la década 1870-1880.

En la figura 11 se incluyen los manuales escolares darwinistas publicados en Inglaterra en cada década, desde 1850 hasta 1902. Darwin fue citado por primera vez en un manual de 1856, antes de la publicación del *Origen de las especies*.

La figura 12 representa los porcentajes de los manuales escolares publicados en España, que han sido analizados para este trabajo.

En la figura 13 se representan porcentualmente los manuales escolares que fueron publicados en Inglaterra durante el periodo estudiado.

Por último, en la figura 14, se hace una comparación porcentual de los manuales escolares darwinistas editados en España e Inglaterra de 1874 a 1902, periodo en el que hubo una mayor proliferación de publicaciones con contenidos darwinistas.

Figura 10. Manuales escolares darwinistas publicados en España en cada década desde 1860 hasta 1902

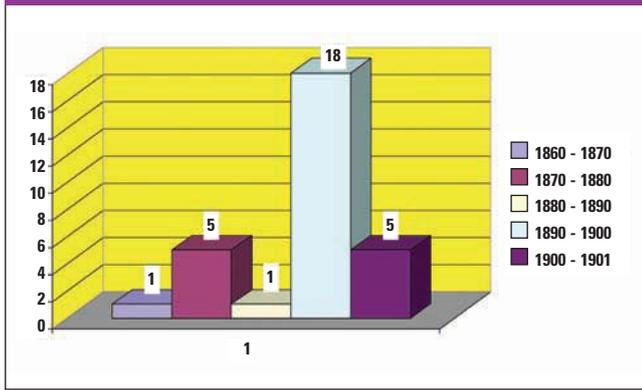


Figura 14. Comparación porcentual de los manuales escolares darwinistas publicados en España e Inglaterra de 1874 a 1902

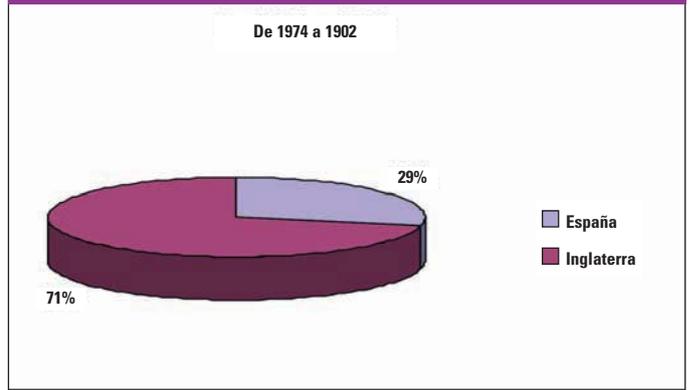


Figura 11. Manuales escolares darwinistas publicados en Inglaterra en cada década desde 1850 hasta 1902

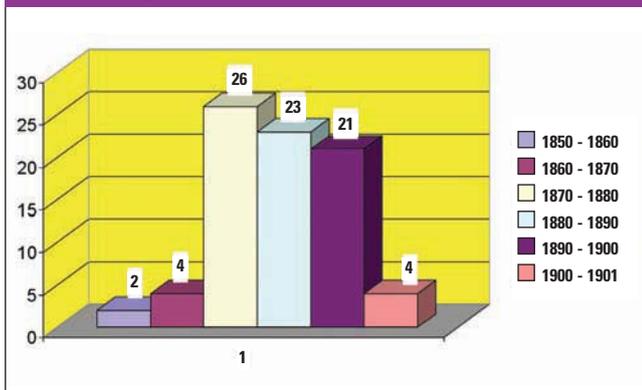


Figura 12. Porcentajes de los manuales escolares publicados en España que han sido analizados en este trabajo

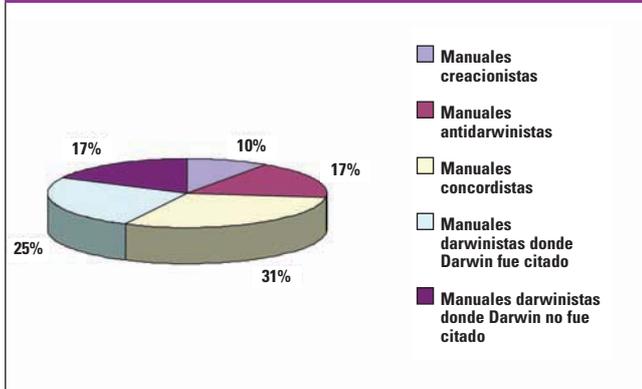
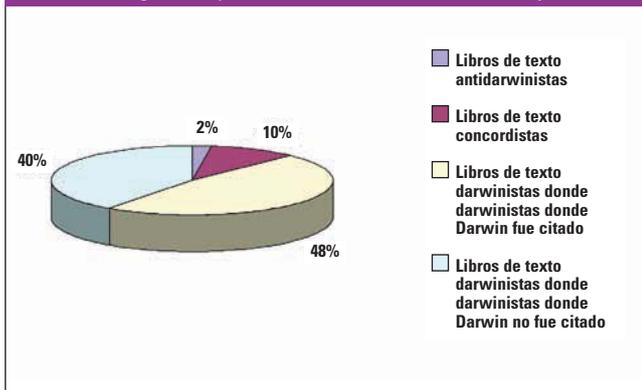


Figura 13. Porcentajes de los manuales escolares publicados en Inglaterra que han sido analizados en este trabajo



**Bibliografía**

Bolívar Urrutia, I.; Calderón y Arana, S. y Quiroga y Rodríguez, F. (1890). *Elementos de Historia Natural*, Establecimiento Tipográfico de Fortanet, Madrid.

Calderón y Arana, S. (1899). *Nociones de Historia Natural*. Establecimiento Lipotipográfico de J. Palacios, Madrid.

Bolívar Urrutia, I. y Calderón y Arana, S. (1900). *Nuevos elementos de Historia Natural*. Estereotipia Tipografía de Fortanet, Madrid.

Buen y del Cos, O. (1888). *Cartilla de Historia Natural*. José Matarredona, Madrid.

Buen y del Cos, O. (1891). *Diccionario de Historia Natural*. Imprenta de Salvador Manero Bayarri, Barcelona.

Buen y del Cos, O. (1896). *Historia Natural*. Tomo Segundo. Manuel de Soler, Barcelona.

Galdo, M. M. J. (1848). *Manual de Historia Natural*. Imprenta de Higinio Reneses, Madrid.

Galdo, M. M. J. (1894). *Elementos de Historia Natural*. Curso Primero: Geología, Mineralogía, Petrografía, Geotectónica, Geología Dinámica y Geología Histórica, Librería de la Viuda de Hernando y Compañía, Madrid, novísima edición.

García Álvarez, R. (1859). *Nociones de Historia Natural*. Imprenta de D. Francisco Ventura y Sabatel, impresor de SS. MM., Granada.

García Álvarez, R. (1867). *Nociones de Historia Natural*. Imprenta de D. Francisco Ventura y Sabatel, impresor de SS. MM., Granada.

García Álvarez, R. (1883). *Estudio sobre el transformismo*. Imprenta de Ventura Sabatel, Granada.

Geikie, A. (1882). *Text-book of Geology*. Macmillan and Co., London.

Geikie, J. (1876). *Geology*, W. & R. Chambers, London and Edinburgh.

González Linares, A. (1873). *Ensayo de una introducción al estudio de la Historia Natural*. Imprenta y Estereotipia de M. Rivadeneyra, Madrid.

Harrison, W. J. (1897). *A text-book of Geology*. Blackie & Son Ltd., London.

Jukes, J. B. (1862). *The student's manual of Geology*, Adam and Charles Black, Edinburgh.

Jukes, J. B. (1873). *The schools manual of Geology*. Adam and Charles Black, Edinburgh.

Lyell, Ch. (1871). *Student's Elements of Geology*. John Murray, London.

Núñez Ruiz, D. (1987). *La mentalidad positiva en España*. Ediciones de la Universidad Autónoma, Madrid.

Page, D. (1856). *Advanced text-book of Geology descriptive and industrial*. William Blackwood and Sons, Edinburgh and London.

Pérez Mínguez, L. (1893). *Nociones de Historia Natural e ideas generales de Geología*, Imprenta y Librería Nacional y Estrangera [sic] de los Hijos de Rodríguez, Libreros de la Universidad y del Instituto, Valladolid.

# Software GeoStru, mirar hacia el futuro.

**¡Nuevas  
versiones 8!**

**¡El software más avanzado  
a un precio incomparable!**

Actualizaciones constantes

Novedosas interfaces

Asistencia técnica

 [www.geostru.com](http://www.geostru.com) Consulte nuestros  
paquetes de programas con descuentos especiales

**Geotecnia y geología:** Slope / LoadCap / Stratigrapher / MP /  
MDC / SPW / GFAS

**Geomecánica:** GeoRock 2D - 3D

**Ensayos in situ:** Dynamic Probing / Static Probing

**Hidrología e Hidráulica:** Hidrologic Risk

**Topografía:** Trispace

**Geofísica:** Downhole / Easy Masw

**Nuevas aplicaciones para  
Windows phone y Android:**

GeoStru Path Tracker

GeoStru Ps Mobile

GeoStru Soil Type

eGeo Compass

con download disponible desde el market

GeoStru Open Value (OVS)

Sistema de alquiler de software



**¡El software GeoStru se usa  
en más de 50 países del mundo!**



 **GeoStru**  
SOFTWARE

**RECIBE UN DESCUENTO ADICIONAL DEL 10%** al hacer tu pedido indicando que has visto este anuncio.

[www.geostru.com](http://www.geostru.com) tel. (+34) 911875999 [info.es@geostru.com](mailto:info.es@geostru.com)

# En el centenario de 'Die Entstehung der Kontinente' (1912). La teoría de la deriva continental de Alfred Wegener y su recepción en España

Alfred Wegener (1880-1930), meteorólogo alemán, propuso en 1912 una explicación alternativa a las concepciones geológicas contraccionistas y a la teoría de la permanencia estable, a lo largo de la historia de la Tierra, de continentes y océanos. Estas interpretaciones geológicas explicaban las semejanzas entre la flora y la fauna fósil de continentes actualmente separados por océanos, debido a la existencia de antiguos puentes terrestres, por donde habían pasado las migraciones. Su novedosa teoría de la deriva de los continentes, que se opuso frontalmente al paradigma existente, fue muy cuestionada a pesar de las pruebas que aportó para demostrarlo.

**Texto** | Francisco Pelayo López. Investigador Científico del CSIC. Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC).

Palabras clave

**Alfred Wegener, deriva de los continentes, Tectónica de Placas.**

La traslación de los continentes se basaba en argumentos geodésicos, geofísicos, paleontológicos y paleoclimáticos, pero la hipótesis de Wegener fue rechazada por una gran parte de la comunidad científica de las primeras décadas del siglo XX. Hubo que esperar hasta la segunda mitad del siglo pasado, especialmente a partir de la década de los años sesenta, para que los avances en el conocimiento de la estructura interna de la Tierra permitieran explicar la movilidad histórica de los continentes en el marco del nuevo concepto de placa tectónica.

## Vida y obra de Alfred Wegener

La biografía de Alfred Wegener (*figura 1*) ha sido ampliamente difundida en las últimas décadas, destacando la que publicó su viuda Else Wegener en 1960. Nacido en Berlín el 1 de noviembre de 1880, Alfred, hijo de un clérigo evangélico doctor en Teología, completó sus estudios secundarios en el Köllnische Gymnasium, entre 1900 y 1904, estudiando Física, Meteorología y Astronomía en las universidades de Berlín, Heidelberg e Innsbruck. Se doctoró en Astronomía por la Universidad de Berlín, en 1905, con un trabajo sobre la conversión de las tablas astronómicas alfonsinas de sexagesimales a decimales. Dirigió entonces su interés hacia la meteorología, trabajando en el Observatorio Aeronáutico de Lindenberg, cerca de Berlín. Entre 1906 y 1908 formó parte como meteorólogo de una expedición danesa destinada al noreste de Groenlandia, que fue dirigida por Ludwig Mylius Erichsen. Allí realizó diversos trabajos científicos sobre Meteorología, Geología y Glaciología, desarrollando el empleo de cometas y globos



Figura 1. Retrato de Alfred Wegener.

para efectuar mediciones climatológicas. A su vuelta de esta expedición fue habilitado en 1909 como profesor adjunto de Meteorología en la Universidad de Marburg, labor docente que desempeñó hasta 1919 y que tuvo que interrumpir durante los años de la Primera Guerra Mundial. En Marburg, Wegener estrechó relaciones con Wladimir Köppen (1846-1940), experto meteorólogo, contrayendo matrimonio en 1913 con la hija de éste, Else, quien colaboraría con él en sus estudios científicos.

Wegener publicó en 1911 *Thermodynamik der Atmosphäre*, un tratado sobre meteorología que sería posteriormente reeditado y que le ayudó a consagrarse como especialista en la disciplina. Al año siguiente emprendió una segunda expedición a Groenlandia con el fin de efectuar

estudios climatológicos y glaciológicos, junto con el danés Johan Peter Koch. Fue ese mismo año, 1912, cuando difundiría por primera vez sus ideas acerca de los desplazamientos de los continentes.

Según dejó escrito él mismo, había sido en 1910, al contemplar un mapamundi, cuando se apercebó de la coincidencia entre las líneas de las costas atlánticas de África y Sudamérica. Aunque en un principio no fue más allá, al año siguiente leyó un trabajo de síntesis en el que basándose en datos paleontológicos, se ponía de manifiesto las antiguas conexiones entre Brasil y el continente africano. Profundizando en las publicaciones geológicas y paleontológicas sobre este tema, terminó desarrollando su idea sobre el desplazamiento continental, que avanzó en un par de conferencias impartidas a comienzos de 1912, la primera en enero en la Geologische Vereinigung de Fráncfort, con el título "Neuen Ideen über die Herausbildung der Großformen der Erdrinde auf geophysikalischer" ("Nuevas ideas con fundamentos geofísicos sobre la formación de las estructuras mayores de la corteza terrestre") y la segunda, "Horizontalverschiebungen der Kontinente" ("El desplazamiento horizontal de los continentes"), al mes siguiente, en Marburg, en la Vereinigung für Fortschritt der Naturwissenschaften (Sociedad para el Progreso de las Ciencias de la Naturaleza). Ese año, Wegener (1912a y 1912b) publicó sus primeros artículos sobre el tema con el título "Die Entstehung der Kontinente" ("El origen de los continentes") en las revistas *Petermanns Geographische Mitteilungen* y *Geologische Rundschau* (*figuras 2, 3 y 4*).

Al comienzo de la Gran Guerra, fue movilizado en 1914 como teniente de infantería en un regimiento de granaderos. Dado de baja en el servicio activo tras ser herido, se le destinó al servicio meteorológico del Ejército. En 1915, convaliente de sus heridas y aprovechando la larga licencia, redactó y publicó la primera edición de su libro *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (Braunschweig, 1915), una obra de 94 páginas. Terminada la guerra y agotada la tirada, la editorial accedió a que la segunda edición pasara a la colección "Ciencia", lo que en palabras de Wegener permitió una exposición más acabada de la teoría. Posteriores ediciones revisadas y con nuevos materiales aparecieron en 1922. Esta tercera edición fue traducida a varios idiomas en 1924. Así, J. G. A. Skert la tradujo al inglés, *The Origin of Continents and Oceans* (Londres, Methuen), con una introducción de John W. Evans, presidente de la Geological Society de Londres y miembro de la Royal Society. M. Reichel corrió con la traducción al francés, *La genèse des continents et des océans* (París, A. Blanchard) y Vicente Inglada Ors se encargó de verterla al castellano, *La génesis de los continentes y océanos* (Madrid, Biblioteca de la Revista de Occidente), con una introducción de Juan Dantín Cereceda. Al año siguiente se publicó su traducción al ruso. La cuarta y última en vida del autor tuvo lugar en 1929.

Tras acabar la Gran Guerra, regresó a su labor docente y académica en la Universidad de Marburg y trabajó como meteorólogo en Hamburgo, en el Deutsche Seewarte (Observatorio Marino). Posteriormente consiguió un puesto de profesor en la Universidad de esa misma ciudad.

Durante la década de los años veinte, Wegener publicó *Die Entstehung der Mondkrater*, donde abordó la formación de los cráteres lunares atribuyéndolos a impactos de meteoros y, en colaboración con su suegro Wladimir Köppen, redactó una obra paleoclimatológica, *Die Klimate der geologischen Vorzeit*. Ese mismo año, 1924, comenzó a trabajar como profesor de Meteorología y Climatología en la Universidad de Graz (Austria).

En 1926 tuvo lugar en Nueva York el Symposium of the American Association of Petroleum Geologists, donde 14 geólogos debatieron sobre la teoría de los desplazamientos continentales de Wegener. La mayoría de los asistentes, principalmente angloamericanos, se mostraron críticos con las ideas sobre el desplazamiento continental. Además de sus supuestos geológicos, se cuestionó su enfoque metodológico, del que se comentó que era más propio de un abogado que de un científico. Pero sin duda, el aspecto más débil tenía que ver con los mecanismos que podían explicar la deriva de los continentes. Wegener propuso como posibles las fuerzas de las mareas y la fuga desde los polos.

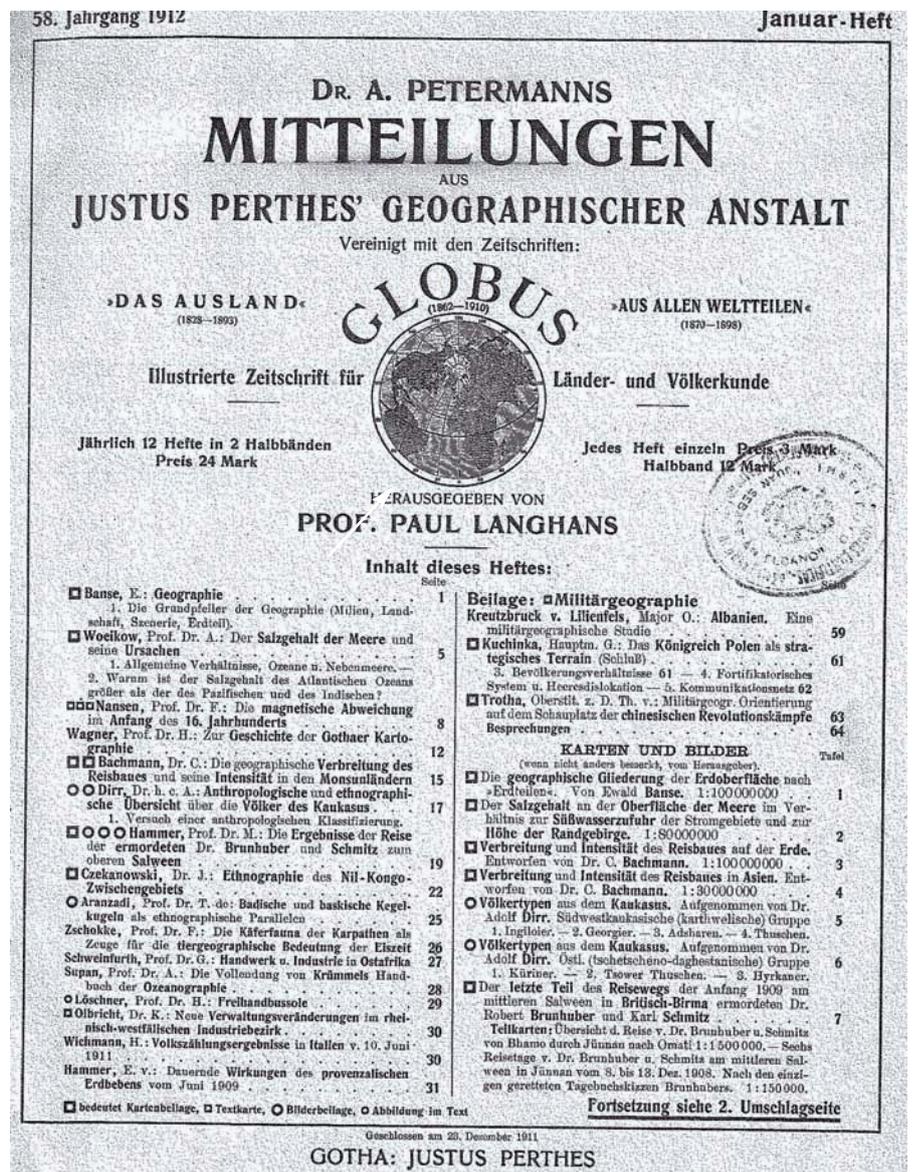


Figura 2. Portada de la revista Petermanns Geographische Mitteilungen de 1912, en la que A. Wegener publicó su primer trabajo sobre la deriva continental.

Poco después, la Notgemeinschaft der Deutsche Wissenschaft (Comunidad de la Ciencia Alemana) organizó una expedición a Groenlandia (figura 5), en la que se propuso a Wegener para dirigirla, dada su capacidad y experiencia. Entre los objetivos meteorológicos y glaciológicos, se encontraban la construcción de estaciones climatológicas y medir el espesor de la capa de hielo. Después de un viaje preliminar, en 1930 Wegener llevó a cabo la que sería la última expedición de su vida. El mal tiempo obstaculizó el trabajo programado. Ante la dificultad de abastecimiento y dada la carestía de alimentos y combustibles en el campamento base en la estación ubicada en el centro, Wegener y su compañero groenlandés Rasmus Villumsen emprendieron a primeros de noviembre, tras celebrar Alfred su 50 aniversario, un viaje de regreso a la costa en busca de provisiones. Desaparecieron en medio de una fuerte tormenta. El cuerpo de Wegener fue encontrado entre la nieve en mayo

del año siguiente, 1931. Posiblemente muriera de un problema cardíaco debido al esfuerzo realizado. Su esposa Else declinó la posibilidad de recuperar el cadáver y quiso que su cuerpo permaneciera enterrado en su tumba de hielo de Groenlandia.

### La teoría de la deriva continental de Wegener

La coincidencia entre las costas opuestas del Atlántico sur de los litorales del Brasil y África fue el punto de partida de la nueva concepción de Wegener sobre la naturaleza y movimientos de la corteza terrestre. La denominó teoría de los desplazamientos continentales, ya que su parte más importante eran los grandes movimientos horizontales a la deriva que los bloques continentales habían verificado en el transcurso de los tiempos geológicos y que, probablemente, continuaban efectuando en la actualidad.

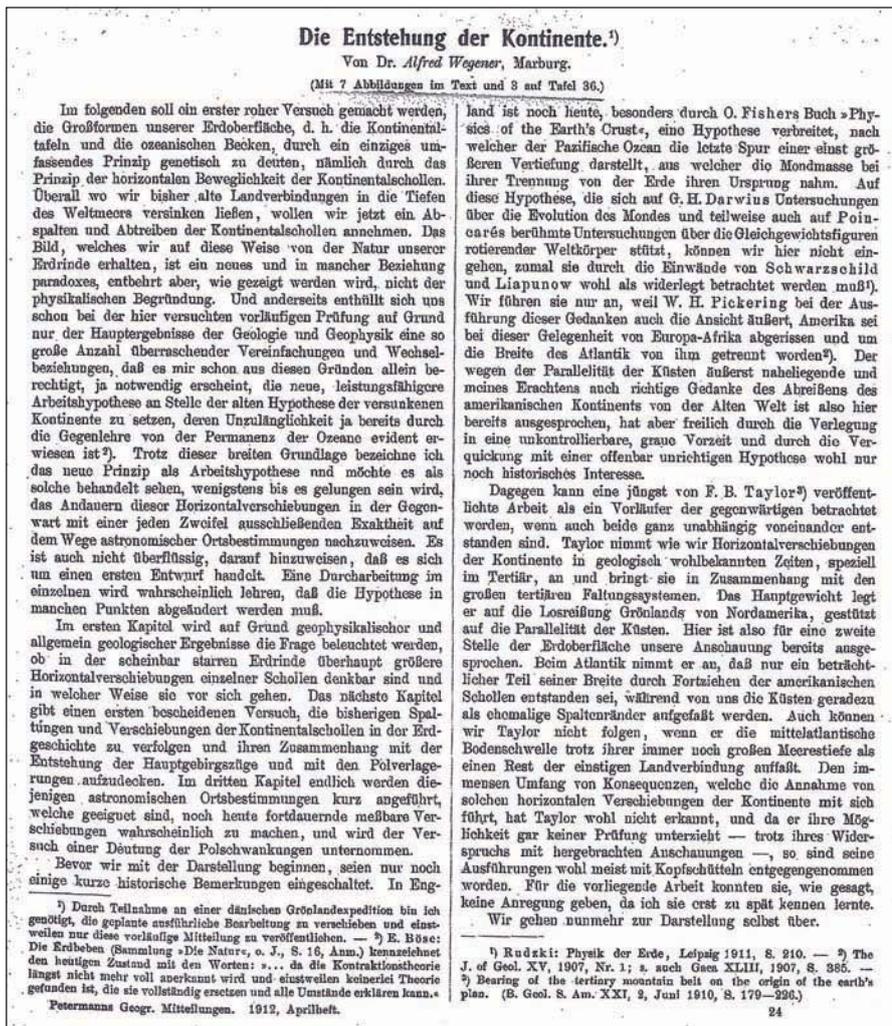


Figura 3. Primera página del artículo de Wegener de 1912 "Die Entstehung der Kontinente".

La idea básica de Wegener era que la meseta continental sudamericana había formado junto con la africana un extenso bloque continuo hace millones de años. En el periodo cretácico se había partido en dos trozos, a semejanza de como lo hacían los icebergs, y desde entonces se habían ido separando incesantemente. Del mismo modo, Norteamérica se hallaba unida en un principio a Europa y Groenlandia, formando un bloque continuo, al menos desde Terranova e Irlanda hacia el norte. La fragmentación de dicho bloque había comenzado a finales del periodo Terciario, aunque por el norte habían permanecido unidos hasta el Cuaternario, según una línea de fractura que se bifurcaba en Groenlandia, a partir de la cual tuvo lugar la separación de las dos partes del bloque. Por otro lado, la Antártida, Australia y la India, que habían estado en contacto con África del sur hasta el principio del Jurásico, habían formado con Sudamérica una gran masa cubierta por mares epicontinentales o de escasa profundidad. A lo largo del Jurásico, Cretácico y Terciario se fue resquebrajando y fragmentando en bloques que posteriormente se dispersaron a la deriva en todas direcciones. La India se desgajó de Australia y de Madagascar y

se fue acercando a Asia, constituyendo el sistema de pliegues formado por el Himalaya y las ramificaciones montañosas asociadas del centro del continente asiático.

El núcleo que constituía la teoría de los desplazamientos continentales partía de la hipótesis que establecía las relaciones entre fondos oceánicos y bloques continentales. Estos últimos flotaban en un magma diferente del que emergían. Los fondos oceánicos, por el contrario, constituían la superficie de una capa más profunda de la corteza terrestre, que debía existir también por debajo de las áreas continentales. La exposición global de la teoría de los desplazamientos continentales se basaba en la suposición de que los fondos marinos y los continentes estaban compuestos de distintos materiales, que representaban distintos niveles de la Tierra. Esta era la perspectiva del aspecto geofísico de la teoría movilista.

Para Wegener, una prueba del estado incompleto del conocimiento de su época sobre las condiciones de la Tierra en el pasado era los distintos resultados obtenidos dependiendo de que se enfocara el problema desde aspectos biológicos o geofísicos. Paleontólogos, zoólogos y

botánicos coincidían en que la mayoría de los continentes, que se encontraban en la actualidad separados por extensos océanos, en el pasado deberían haber tenido conexiones terrestres, a través de las cuales había tenido lugar un intercambio de flora y fauna terrestre. Esto explicaba la semejanza de especies fósiles idénticas a ambos lados del océano, así como de especies actuales que eran distintas en dos continentes pero sus géneros y familias eran los mismos, lo que implicaba, según la teoría de la evolución, que en el pasado habían sido las mismas especies. Por tanto, desde el punto de vista de la biogeografía, debía haber existido un intercambio intercontinental y esto sólo se podía explicar apelando a la existencia de una antigua conexión terrestre muy extensa. En este escenario, la separación de las faunas en las diversas especies actuales habría tenido lugar tras la rotura de la conexión continental. Wegener criticaba que, basándose en indicios muy débiles, se hubiesen propuesto la existencia de antiguos puentes continentales, que no habían sido confirmados por investigaciones posteriores. Además, no existía unanimidad sobre en qué momento había terminado la conexión y se había establecido la actual separación. Sí, en cambio, existía un consenso entre los especialistas en fitogeografía y zoografía en la necesidad de recurrir a las conexiones intercontinentales para explicar la distribución biogeográfica.

Wegener recogía en su trabajo una gráfica realizada por el paleontólogo alemán Theodor Arldt, en la que se contemplaba las opiniones de una veintena de autores, a partir de sus comentarios escritos o mapas paleobiogeográficos publicados, sobre la existencia o no de varias conexiones continentales en los diferentes periodos geológicos. Se indicaban las cuatro conexiones terrestres más importantes cada una con tres curvas que representaban respectivamente las opiniones a favor, las contrarias y las indiferentes. Ponía así de manifiesto la falta de coincidencia de geólogos y paleontólogos en cuanto a su disposición a aceptar determinados enlaces intercontinentales en el pasado.

Añadía Wegener que no habían tenido en cuenta que estas antiguas conexiones habían sido propuestas no para lugares como el estrecho de Bering, en donde había un somero mar de plataforma, sino para los mares profundos actuales que separan los continentes. Además, se admitía como evidente que las masas continentales, emergidas y sumergidas, habían conservado inmutable su posición relativa a lo largo de toda la historia de la Tierra, por lo que al desaparecer el intercambio florístico y faunístico terrestre, los enlaces se habían hundido bajo el nivel del mar para formar el fondo de los actuales y profundos mares y océanos intercontinentales. La hipótesis de la existencia de continentes

intermedios sumergidos, que seguía dominando el pensamiento geológico europeo, era la más ampliamente aceptada, al estar basada en la teoría de la contracción de la Tierra, establecida y elaborada por James Dwight Dana, Albert Heim y Eduard Suess. Pero la suposición básica de esta teoría, que la Tierra se estaba enfriando, había sido puesta en duda con el descubrimiento de la desintegración del elemento radio, que generaba calor continuamente. Otra objeción importante contra la teoría de la contracción procedía de las medidas de gravedad y otros datos geofísicos, lo que llevaba a sostener que la corteza terrestre flotaba en equilibrio hidrostático sobre un sustrato denso y viscoso, principio o estado de isostasia. Según este principio, era imposible que pudieran hundirse hasta el fondo del mar un bloque continental del tamaño de los intercontinentes propuestos. Esto implicaba que también se oponía a la distribución de los organismos a través de estos hipotéticos puentes intercontinentales. Así, para explicar la distribución biogeográfica en el pasado, los paleontólogos, ante la falta de un mecanismo plausible que pudiera explicar la movilidad continental, prefirieron apoyar la existencia de antiguas conexiones terrestres intercontinentales como posibles zonas de expansión de los organismos; y esto a pesar de que el subsiguiente hundimiento posterior de los puentes terrestres en los océanos fuese a todas luces incompatible desde el punto de vista de la isostasia, principio de equilibrio hidrostático de los diferentes compartimentos de la corteza terrestre. El corolario era apelar a la teoría de la permanencia de las cuencas marinas y los continentes, apoyada por los geólogos norteamericanos, como B. Willis y fundada en supuestos geofísicos. Pero esto suponía rechazar la teoría de propagación de los organismos, de manera que, comentaba Wegener, se daba el singular espectáculo de que se defendía simultáneamente dos concepciones opuestas sobre la antigua configuración de la Tierra. Una en Europa, donde existía una adhesión casi universal a la teoría de los antiguos puentes intercontinentales, y otra en Norteamérica, en donde se defendía la teoría de la permanencia de los continentes y las cuencas marinas. Para Wegener sólo había una posibilidad, debía existir algún error oculto en las suposiciones tomadas como evidentes.

Así que frente a las explicaciones de las teorías de la contracción de la Tierra y de la permanencia de los océanos y de los puentes intercontinentales, Wegener presentaba la teoría movi lista o de la deriva. Para él, tenía que ser falsa la suposición, que era evidente para otras teorías, de que la situación relativa de los bloques continentales no había cambiado. En otras palabras, los continentes debían haberse movido. Así, afirmaba:

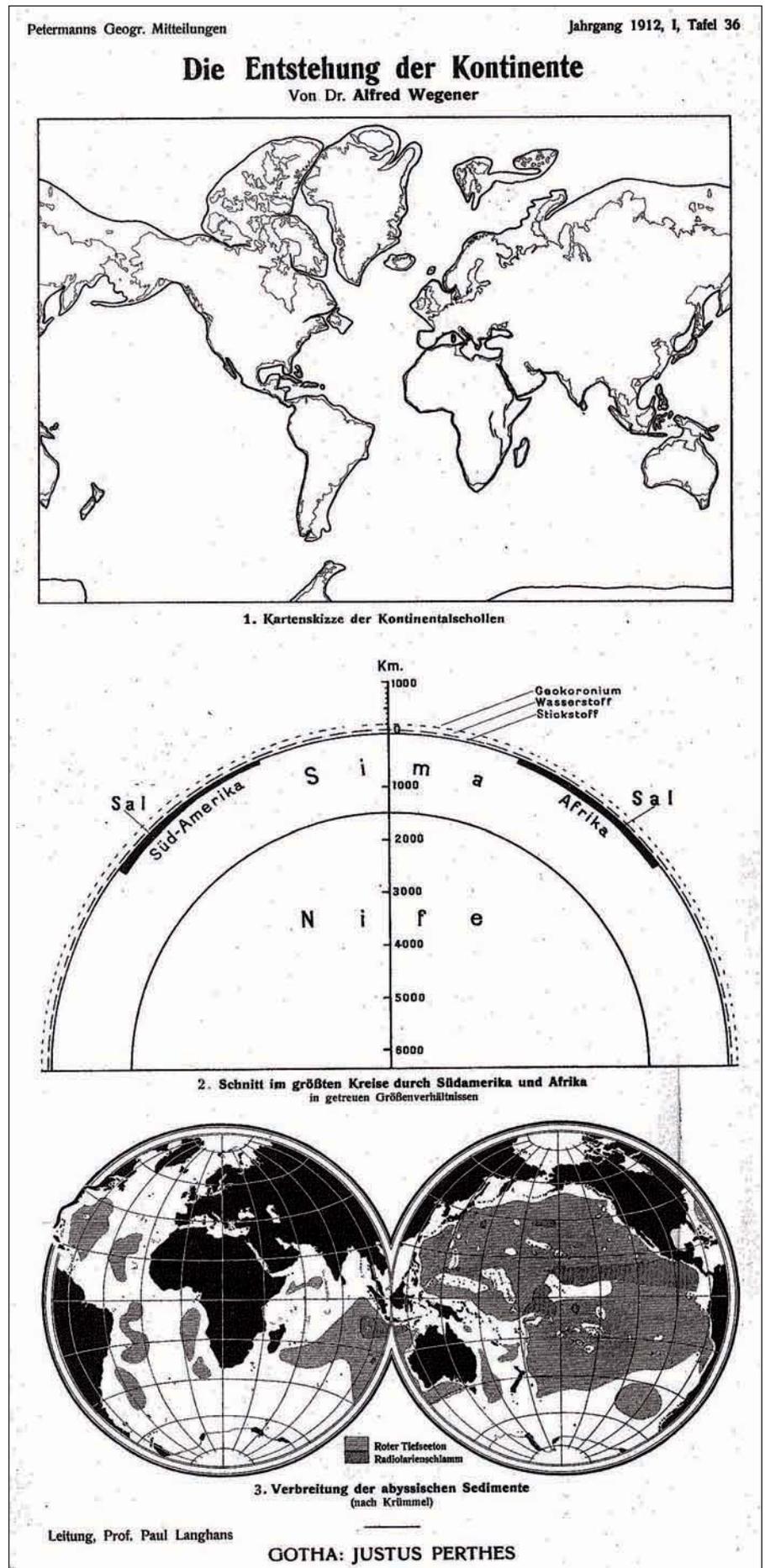


Figura 4. Figuras que acompañaban al artículo "Die Entstehung der Kontinente" de 1912: Croquis de la corteza continental, Corte a través de Sudamérica y África y Expansión de los sedimentos abisales.

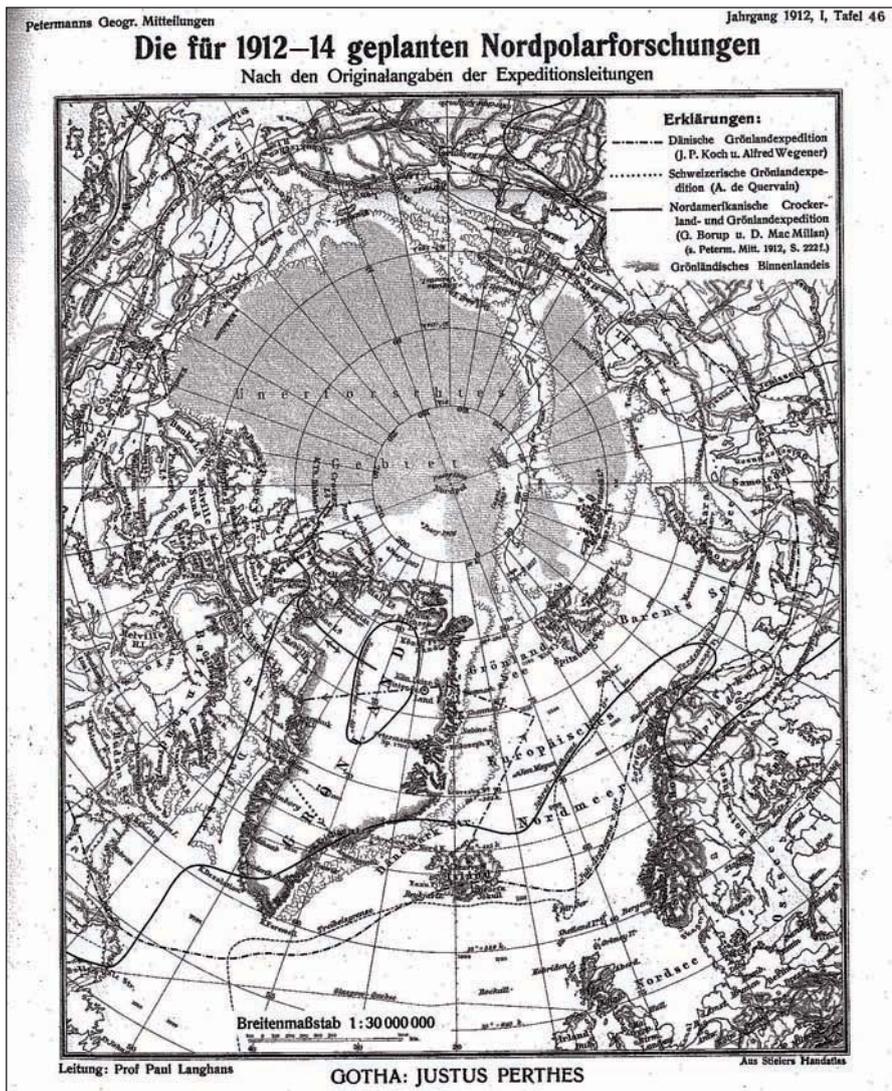


Figura 5. Mapa con itinerarios de expediciones al Polo Norte, entre ellas la expedición danesa a Groenlandia de J. P. Koch y A. Wegener.

“Suramérica debe haber estado junto a África y formado con ella un único continente, escindido en el Cretácico en dos partes que luego, como los fragmentos de un témpano agrietado, se separaron cada vez más en el curso del tiempo geológico, pero los bordes de estos dos bloques concuerdan todavía hoy. No sólo el gran codo en ángulo recto que forma la costa brasileña en el cabo San Roque encuentra su negativo en el recodo de la costa africana en Camerún, sino también al Sur de estos accidentes la forma de la costa es tal que a cada saliente en la costa brasileña corresponde una bahía de igual forma en la africana, y viceversa; a cada bahía en el lado brasileño un saliente en el africano. Como puede comprobarse con el compás sobre un globo terrestre, las distancias concuerdan con precisión.”

La teoría de la deriva, en opinión de Wegener, satisfacía todos los requisitos legítimos, tanto de la teoría de los puentes continentales como

de la teoría de la permanencia. Es decir, sí habían existido conexiones entre los continentes actualmente separados, pero no puentes intercontinentales que posteriormente se hubiesen hundido. Y por otro lado, sí había permanencia, pero no de cada continente u océano individualmente, sino del área de los continentes y del área de las cuencas marinas en su conjunto.

Su libro era, por tanto, un sólido y detallado alegato, con una diversidad de argumentos, en la que defendía una nueva y revolucionaria teoría geológica.

#### La recepción de la deriva continental en España

Las primeras noticias en España sobre la deriva continental de Wegener se publicaron durante la década de los años veinte. Sus portavoces fueron fundamentalmente los naturalistas Lucas Fernández Navarro (figura 6), Juan Dantín Cereceda y el ingeniero geógrafo militar Vicente Inglada Ors. Las primeras informaciones de la teoría llegaron a través de las páginas de la *Revista de Occidente*, en cuya biblioteca se tradujo y editó por

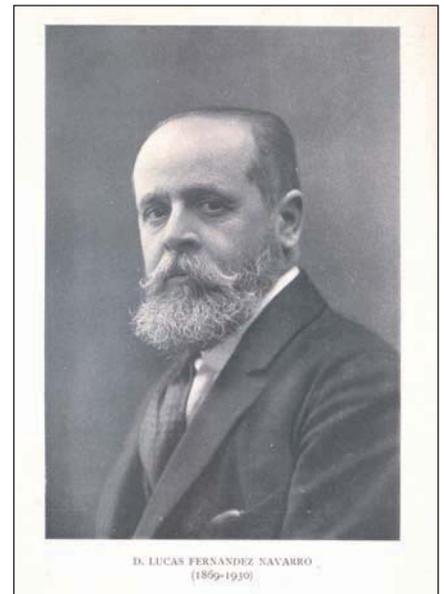


Figura 6. Lucas Fernández Navarro, catedrático de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid, introductor y difusor en España de las ideas de Wegener.

primera vez en castellano el libro de Wegener y, sobre todo, de la revista *Ibérica. El progreso de las ciencias y de sus aplicaciones*.

Así, en 1922 se publicó en la revista *Ibérica* con el título de “Los continentes a la deriva” el primer artículo informativo en España sobre la teoría de Wegener. Su autor fue Lucas Fernández Navarro, catedrático de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid y jefe de la sección de Mineralogía del Museo de Ciencias Naturales de Madrid. En este artículo, Fernández Navarro (1922) anunciaba que un pequeño libro, *Die Entstehung der Kontinente un Ozeane* (Wieweg und Sohn. Braunschweig, 1920), cuya tercera edición estaba a punto de publicarse, era en esos momentos el tema preferido de debate en las revistas geológicas de Europa central. Pronto, predecía, sería de actualidad mundial en el campo de la Geología.

Fernández Navarro manifestó en su trabajo prudencia desde posiciones favorables con relación a las tesis del geofísico alemán.

Más comprometido y seguro sobre la validez científica de la deriva continental fue el trabajo publicado al año siguiente en la *Revista de Occidente*, donde Dantín Cereceda (1923) comentaba el libro de Wegener. Dantín Cereceda, licenciado en Ciencias Naturales en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central (Madrid), estuvo vinculado como naturalista agregado al Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, donde trabajó como profesor ayudante en el curso de Investigaciones Geológicas y arreglando colecciones mineralógicas y geológicas en los laboratorios de Geografía Física y Geología de la institución.

En 1924, en la Biblioteca de la Revista de Occidente, se publicaría la primera traducción española



Figura 7. Alfred Wegener (izda.) y su compañero Rasmus Villumsen (dcha.), en el campamento Eismitte, noviembre de 1930. Archive of Alfred Wegener Institute.

del libro de Wegener, con el título *La génesis de los continentes y océanos* (Madrid, 1924). El traductor de la tercera edición alemana fue Vicente Inglada Ors. Militar, especialista en sismología, perteneciente al Cuerpo de Ingenieros Geógrafos.

Durante los años comprendidos entre 1928 y 1932, en la revista *Investigación y Progreso* se publicaron varios artículos dedicados a Wegener y a su teoría. Así, en el número correspondiente al 1 de abril de 1929, bajo el título de "Expedición alemana a Groenlandia dirigida por Wegener", se informaba que se estaba proyectando en los círculos científicos alemanes una expedición a Groenlandia para realizar investigaciones sobre el clima y el manto de hielo de tierra dentro o *inlandeis*. En un viaje en trineo, siguiendo el paralelo de 71°, se quería determinar por métodos sísmicos el grosor del *inlandeis*, y por trigonométricos las alturas sobre el nivel del mar. Existía el propósito de establecer en la ruta de la expedición tres estaciones científicas de invierno, una en el borde occidental del *inlandeis*, la segunda en la región central del hielo, a 3.000 m sobre el nivel del mar y la tercera en la costa oriental. En estas

estaciones, donde iban a invernar un número considerable de científicos, se proyectaba investigar el interior del *inlandeis* con aparatos de perforación y las capas superiores de la atmósfera por medio de cometas y globos. Para el transporte se utilizarían trineos de tracción animal y otros movidos por hélices. La Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft aportaría los recursos necesarios para realizar la exploración preparatoria que tendría lugar en 1930 y 1931. El jefe de la expedición sería el famoso Alfred Wegener, profesor de la Universidad de Graz, que ya había participado anteriormente en dos expediciones a Groenlandia: la de 1906 a 1908, Danmark-Expedition, dirigida por Lylus-Erichsen al nordeste, y la de 1912 y 1913 que dirigió I. D. Koch. Terminaba la noticia asegurando que la empresa contaba ya con el apoyo del Gobierno de Dinamarca.

Al año siguiente, en el ejemplar del 1 de enero de 1930, se comunicaba en una nota el "Regreso a Alemania de la Expedición a Groenlandia dirigida por Wegener". El regreso a Berlín se había producido el 4 de noviembre de 1929. Tanto el profesor Wegener como sus acompañantes los doctores

Sorge y Lewe habían informado de su viaje en el Coloquio Geográfico de la Universidad de Berlín. Los expedicionarios habían recorrido por tierra 850 km en trineos y 3.800 km en barco por los fiordos, siguiendo las costas de glaciares en su mayor parte desconocidos. Para determinar el grosor del *inlandeis* se habían llevado en la excursión con trineos 50 kg de dinamita. El eco de la detonación, atravesando las capas de hielo, había permitido determinar el grosor de éstas.

El fallecimiento de Alfred Wegener fue recogida en *Investigación y Progreso* en el número 7-8, de julio-agosto de 1931, en una nota firmada por Julius Büdel, de la Universidad de Berlín. Comenzaba diciendo que se había confirmado el temor que se tenía por la suerte de la expedición a Groenlandia. Wegener había muerto al volver del campamento Eismitte, mientras que sus compañeros, excepto el esquimal Rasmus, habían sido encontrados con buen estado de salud (figura 7). Las masas de hielo que en la primavera de 1930 cerraron el fiordo durante un mes y medio más de lo esperado, habían sido fatales, no para la mayor parte del grupo expedicionario, pero sí para Wegener. El aprovisionamiento de la estación de Eismitte se retrasó hasta el comienzo de la noche invernal con sus tormentas de nieve. A pesar del regreso de 12 esquimales, Wegener y Löwe habían llegado a la estación central el 30 de octubre. Tras apenas día y medio de reposo había emprendido el regreso a la costa. En el camino Wegener había encontrado la muerte.

Al año siguiente, en la misma revista se publicó un artículo firmado por su hermano Kurt, en el que detallaba los resultados de la expedición. Señalaba los logros científicos alcanzados en las labores glaciológicas y meteorológicas, como las de perforación y sueltas de cometas y globos, e indicaba como el zoólogo de la expedición Peters había recogido cráneos de los pobladores esquimales antiguos de la parte oriental de Groenlandia.

#### Bibliografía

- Dantín Cereceda, J. (1923). La génesis de los continentes y de los mares, según la teoría de Wegener. *Revista de Occidente*, II, 71-85.
- Fernández Navarro, L. (1922). Los continentes a la deriva. *Ibérica. El progreso de las ciencias y de sus aplicaciones*, XVIII, 436, 44-47.
- Wegener, A. (1912a). Die Entstehung der Kontinente. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 58, 185-195, 253-256, 305-309.
- Wegener, A. (1912b). Die Entstehung der Kontinente. *Geologische Rundschau*, 3, 4, 276-292.

# La puerta del pasado geológico de Galicia se abre en Quiroga

El 2 de diciembre de 2011 se inauguró en Quiroga (Lugo), en la llamada Puerta de O Courel, el primer museo geológico de Galicia realizado gracias a la iniciativa del Ayuntamiento de Quiroga.

**TEXTO** | Juan Ramón Vidal Romani. Director del Instituto Universitario de Geología Isidro Parga Condal, Universidad de La Coruña. Ramón Vila. Ayuntamiento de Quiroga.

**FOTOGRAFÍAS** | Ramón Vila. Ayuntamiento de Quiroga.

Palabras clave

**Quiroga, Museo Geológico de Quiroga, Caurel, O Courel.**

En todo el proyecto de creación del museo, que necesitó varios años para realizarse, se contó con la colaboración del Instituto Universitario de Geología Isidro Parga Condal, de la Universidad de La Coruña, del Instituto Geológico y Minero de España y de geólogos a título individual como Juan Carlos Gutiérrez Marcos, el más significativo de los propulsores de la protección del pliegue de O Courel (pliegue de Campodola-Leixazós) recientemente declarado Monumento Natural (figura 1) por el Gobierno Autónomo de Galicia. La figura legal de Monumento Natural se ha decidido con vistas a proteger esa formación geológica basándose en que es el símbolo más antiguo que representa el origen geológico de Galicia.

## La estructura del Museo Geológico

El Museo Geológico de Quiroga ha sido estructurado basándose en los contenidos geológicos más representativos de la zona, ordenados de más antiguo a más moderno, en cinco salas cuyo contenido es como sigue:

### Sala 1

Análisis de los principales acontecimientos geológicos que definen el territorio gallego, tal y como ahora lo conocemos según la tectónica de placas y para lo que se han utilizado las reconstrucciones paleogeográficas desde el Precámbrico al Paleozoico, realizadas para Galicia por los geólogos Ricardo Arenas, José Ramón Martínez Catalán y colaboradores (figura 2). Entre ellas, destaca la información detallada de la formación del pliegue acostado de Campodola-Leixazós (sinclinal de O Courel).

### Sala 2

Se representa la geología de la comarca de Quiroga, excepcional para mostrar la evolución de las formas de vida desde finales del Precámbrico, descritas por Dozy hasta el Paleozoico la Escuela de Franz Lotze (1903-1971). Se completa el apartado paleontológico con la exposición de restos óseos de la sorprendente y desconocida fauna



Figura 1. Pliegue de O Courel, también llamado de Campodola-Leixazós.

El Museo Geológico de Quiroga ha sido estructurado basándose en los contenidos geológicos más representativos de la zona

cuaternaria (Pleistoceno Superior) de la zona de O Courel encontrada en sus sistemas cársticos y estudiada durante los últimos 30 años por los investigadores del Instituto Universitario de Geología liderados por la paleontóloga Aurora Grandal d'Anglade: uro (*bos taurus primigenius*), bisonte (*Bison priscus*), ciervo (*Cervus elaphus*), coru (*Capreolus capreolus*), hiena (*Crocuta crocuta*

*spelaea*), jabalí (*Sus scrofa*) y mamut (*Elephas primigenius*). Sin lugar a dudas, las joyas de la exposición son un esqueleto completo de oso de las cavernas (*Ursus spelaeus*) (figura 3) y los restos de oso pardo (*Ursus arctos*). La mayoría de toda esta muestra de fauna pleistocena está ahora extinguida aunque alguna todavía tiene representación actual. El conjunto de los restos paleontológicos abarca los últimos 650 millones de años con el hiato del Mesozoico.

### Sala 3

En ella se expone la acción de los glaciares en la zona durante la última glaciación que actuó en la zona entre 70 y 15 mil años antes de ahora. Al contrario que en el resto de Galicia, los glaciares de O Courel fueron esencialmente glaciares de circo y de valle, cuya cronología ha sido establecida por los investigadores del Instituto Universitario de Geología Parga Pondal mediante isótopos cosmogénicos estables ( $^{21}\text{Ne}$ ) e isótopos radioactivos (U/Th) en los espeleotemas calcáreos

## PRINCIPALES ACONTECIMIENTOS DA HISTORIA XEOLÓXICA DE GALICIA



Figura 2. Panel explicativo de los principales acontecimientos de la historia geológica de Galicia.

(Cova Arcoia). La dinámica de los glaciares pleistocenos de O Courel ha sido reconstruida a partir de los datos sedimentarios y geomorfológicos, lo que aparece ilustrado por unos magníficos carteles (figura 4) donde se superponen a las formas actuales la posición de los frentes morrénicos desde el máximo glacial hasta el final de la deglaciación en la cubeta de sobreexcavación de A Lucenza, que contiene un registro sedimentario continuo para los últimos 15.000 años. La sala se completa con la exposición de distintos tipos de sedimentos glaciares: muestras de *till* de alojamiento (*lodgment till*) en estado natural o impregnado en resina para realizar con secciones delgadas para su estudio al microscopio petrográfico así como distintos ejemplares de cantos estriados y pulidos por la acción del hielo.

Esta parte de la exposición se completa con un gran bloque errático glaciar de pizarra, pulido y estriado, que por sus grandes dimensiones hubo que ser situado en el exterior del Museo Geológico al lado de la entrada.

### Sala 4

En esta sala se exponen distintas muestras sobre las primeras ocupaciones humanas en el Paleolítico en la zona y que, por el momento, según ha demostrado la cronología realizada por el Instituto Universitario de Geología de la Universidad de La Coruña, es hasta ahora la más antigua de Galicia. Se exponen distintas reproducciones de cráneos de prehomínidos hasta el *Homo sapiens* actual (figura 5). También se exponen importantes



Figura 3. Esqueleto completo del oso de las cavernas.

colecciones de las primeras industrias líticas encontradas en yacimientos de superficie (terrazas fluviales) de la zona desarrollada en cuarcitas y cuarzo, que son materiales muy abundantes en la zona.

### Sala 5

Esta parte del Museo Geológico se dedica a la actividad minera de la región desde los romanos hasta la actualidad. En ella se recoge una magnífica colección de los distintos minerales encontrados en la zona, cedida por José Fernández

Pérez, un entusiasta coleccionista local. Los minerales representados son andalucita, antimonita (estibina), aragonito, arsenopirita, blenda (esfalerita), calcita, cianita (distena), cinabrio, cuarzo (variedades hialino, lechoso), dolomita, estibiconita, fuchsita (cromo-moscovita), galena, grosularia, kermesita, limonita, moscovita, ocre amarillo, ocre rojo (hematita), oro, ortoclasa, pirita, (en cubos y en nódulos), pirolusita, pirrotina, rutilo, siderita, turmalina (chorlo negro), variscita, wolframio y casiterita. Se exponen en una magnífica vitrina con su descripción,



Figura 4. Panel explicativo de los glaciares de O Caurel.

composición química y otros datos mineralógicos. Igualmente se exponen en esta sala los tipos de rocas más representativos de la zona, como pizarra, arenisca, filita, diorita, cuarzo, cuarcita, dolomita, pegmatita, conglomerado, cuarcita, esquistos micáceos, hierro, granito, caliza, brecha, gneis “ollo de sapo” y serpentinita.

Finalmente, en un apartado especial, se exponen datos sobre la explotación y el uso de las rocas y minerales de la zona desde el tiempo de los romanos hasta la actualidad, para el caso de la pizarra y caliza, para el caso de las rocas ornamentales o materiales de construcción y para los minerales como el oro, hierro y la antimonita.

El museo se ha concebido como un centro de interpretación donde los visitantes pueden completar lo que han visto en sus salas con observaciones sobre el terreno



Figura 5. Sala donde se exponen reproducciones de cráneos de prehomínidos hasta el Homo sapiens actual.

La sala destinada a rocas y minerales se completa con un mapa geográfico de la zona con la situación de los distintos recursos minerales y de rocas industriales.

**El Museo Geológico más allá del Museo**

Una de las ventajas del Museo Geológico de Quiroga es que en él se exhiben rocas, minerales, fósiles, sedimentos, etc., que corresponden a la misma área donde está situado, por lo que es posible visitar en el entorno inmediato todos los materiales y procesos que se han sintetizado en sus cinco salas. En este sentido, el Museo Geológico se integra en el territorio del que se han obtenido todos los elementos que se exhiben en él. Esto le da un atractivo adicional en cuanto a que es posible de esta forma combinar el conocimiento geológico del medio con el aspecto práctico de las dificultades que han debido ser superadas para adquirir los conocimientos presentados en el mismo. Este aspecto se consigue por la articulación de la prolongación expositiva con distintas rutas donde puede apreciarse el proceso.

El Museo Geológico de Quiroga tiene una concepción original al no tratarse estrictamente de un museo tradicional, pues se ha concebido como un centro de interpretación donde los visitantes, convenientemente asesorados por el personal del Museo y publicaciones específicas donde se describen los itinerarios a seguir con las paradas recomendadas, puedan completar con lo que han visto en sus salas y con observaciones sobre el terreno. Para ello se han definido distintas rutas que recorren el espacio geográfico del municipio de Quiroga y algunos de los limítrofes.

**Ruta del Oro**

La finalidad de esta ruta es mostrar las labores mineras llevadas a cabo por los romanos en la zona, en concreto, siguiendo el cauce del río Sil desde Quiroga hasta Montefurado (figura 6). Los interesados tendrán ocasión de ver las tareas de remoción de gravas en el lecho actual del río o en las terrazas del mismo para culminar en la gran obra del túnel de Montefurado (figura 7) donde se perforó la montaña para desviar temporalmente las aguas del río aprovechando un meandro y así regular el cauce y poder explotar los aluviales auríferos del lecho del río. Alternativamente se puede guiar a los interesados a visitar una explotación de cuarzo aurífero filoniano en la Mina da Toca situada en el curso medio del río Lor.

**Ruta del Antimonio**

Aunque este recurso mineral tiene un valor relativo desde el punto de vista económico, y se trata de un tipo de minería actualmente inactiva, tiene el interés de haber sido una explotación minera activa durante la etapa de la posguerra civil, habiendo sido atendida por presos políticos en la localidad de Vilarbacú. La visita a las

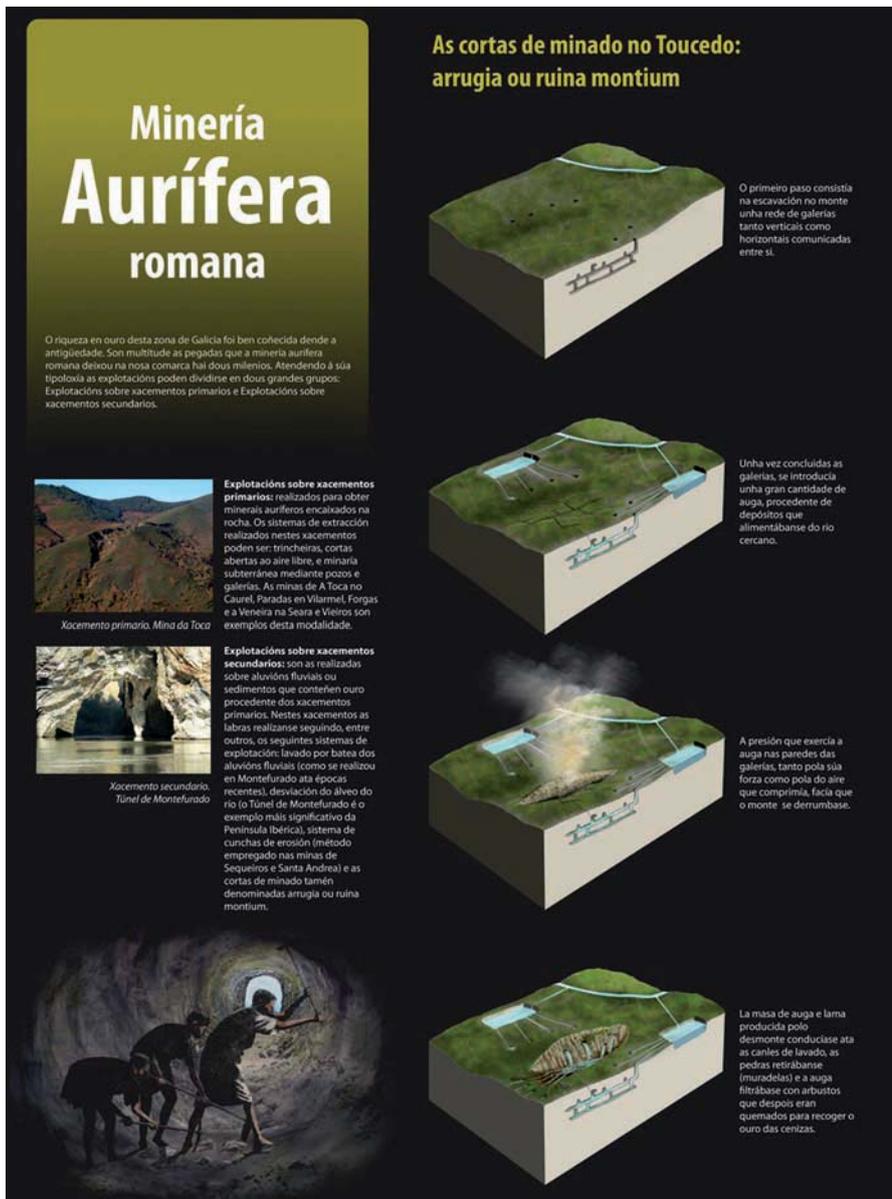


Figura 6. Panel explicativo de la minería aurífera romana.



Figura 7. Túnel romano de Montefurado.

El hierro es uno de los minerales existentes en la zona que fueron el objeto de un aprovechamiento artesanal en la misma zona, preferentemente durante el siglo XIX

antiguas instalaciones de la mina, hoy abandonadas, permite reconstruir la explotación minera en galería durante esta etapa tan conflictiva de la historia reciente de España.

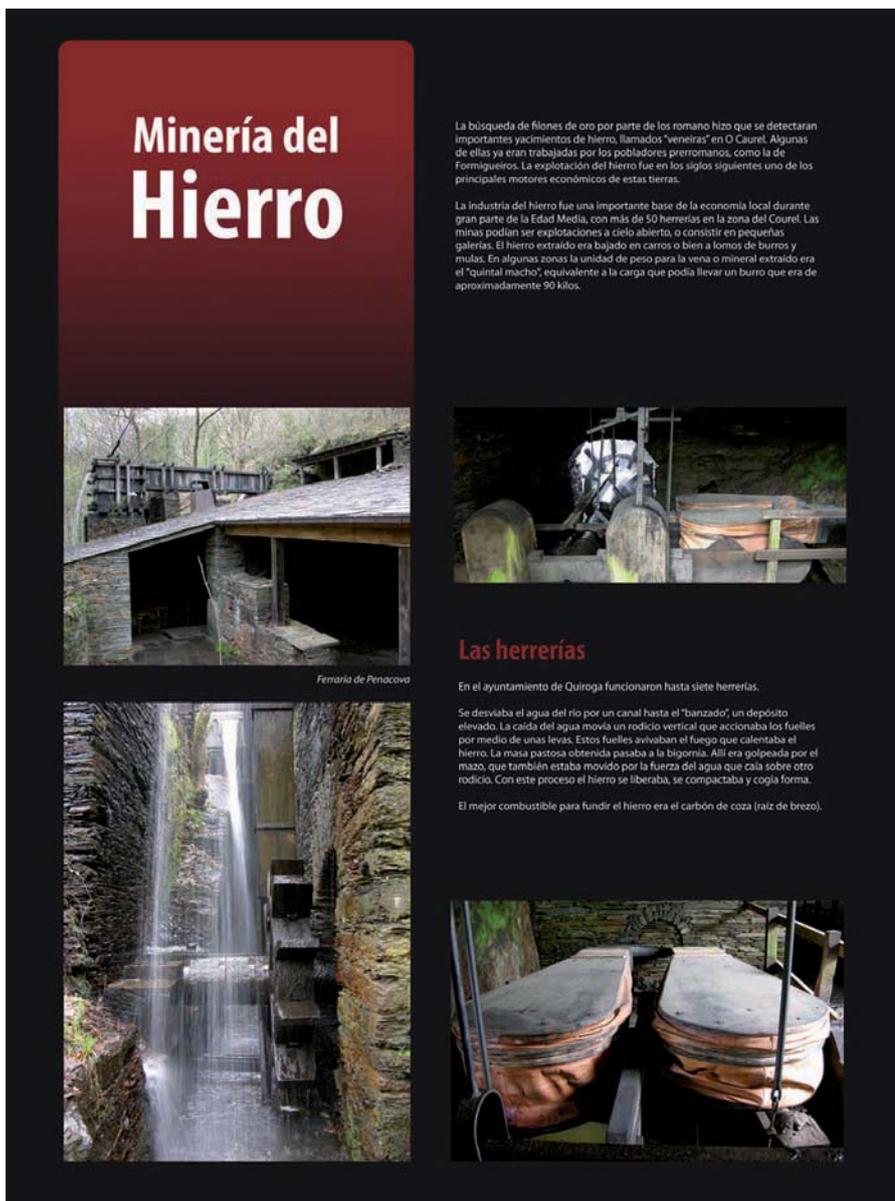
**Ruta del Hierro**

El hierro es uno de los minerales existentes en la zona que, pese a su escasa relevancia económica y a su baja calidad, fueron el objeto de un aprovechamiento artesanal en la misma zona, preferentemente durante el siglo XIX (figura 8). Esto dio lugar a una siderurgia rural en donde en un *hinterland* muy reducido se explotaban las venas de hierro que armaban en las pizarras y se llevaban a fundiciones donde se obtenían los tochos de hierro, normalmente regentadas por vizcaínos. Luego, se trabajaba el hierro en los mazos o ferreñas, normalmente regentadas por catalanes, dispersas por la zona, y de las cuales algunas de ellas han sido reconstruidas y funcionan como recurso cultural de turismo etnográfico. La mayor particularidad de este aprovechamiento del hierro es que el combustible utilizado era la madera (roble) obtenida en los bosques de la comarca. Según esto, se puede considerar que la destrucción de los bosques de O Courel fue el primer efecto de deterioro ambiental producido por la minería en Galicia, que habría que unir al de la explotación de los aluviales auríferos en el río Sil. Este hecho es extensible a gran parte de Galicia.

La Ruta del Hierro se diseña con recorridos específicos a lo largo del territorio mediante los cuales se puede seguir todo el proceso desde la extracción del mineral a su transformación final en diversos productos para su uso en las labores agrícolas, herrajes, clavos, vehículos, etc.

**Ruta del Pliegue tumbado de O Courel o de Campodola-Leixazós**

Esta ruta tiene como objetivo exclusivo la visita del sinclinal recumbente de O Courel, que es uno de los mejores ejemplos de este gran pliegue a escala regional en todo el macizo del NO ibérico. Desde un mirador construido en el borde sur de la carretera que va de Quiroga a Folgoso de Courel,



# Minería del Hierro

La búsqueda de filones de oro por parte de los romanos hizo que se detectaran importantes yacimientos de hierro, llamados "veneiras" en O Courel. Algunas de ellas ya eran trabajadas por los pobladores prerromanos, como la de Formigueiros. La explotación del hierro fue en los siglos siguientes uno de los principales motores económicos de estas tierras.

La industria del hierro fue una importante base de la economía local durante gran parte de la Edad Media, con más de 50 herrerías en la zona del Courel. Las minas podían ser explotaciones a cielo abierto, o consistir en pequeñas galerías. El hierro extraído era bajado en carros o bien a lomos de burros y mulas. En algunas zonas la unidad de peso para la vena o mineral extraído era el "quentá mecho", equivalente a la carga que podía llevar un burro que era de aproximadamente 90 kilos.



Ferraría de Penacova



## Las herrerías

En el ayuntamiento de Quiroga funcionaron hasta siete herrerías.

Se desviaba el agua del río por un canal hasta el "banzado", un depósito elevado. La caída del agua movía un rodicio vertical que accionaba los fueles por medio de unas levas. Estos fueles avivaban el fuego que calentaba el hierro. La masa pastosa obtenida pasaba a la bigornia. Allí era golpeada por el mazo, que también estaba movido por la fuerza del agua que caía sobre otro rodicio. Con este proceso el hierro se liberaba, se compactaba y cogía forma.

El mejor combustible para fundir el hierro era el carbón de coza (raíz de brezo).



Figura 8. Panel explicativo de la minería del hierro.

se pueden observar todas las características del pliegue que aparecen sintetizadas en las ilustraciones expuestas en el mirador: desde la orientación de los esfuerzos, la microfábrica y los pliegues menores subordinados a la estructura principal. La edad del plegamiento corresponde con la primera fase de la deformación varíscica, aunque el carácter recumbente del pliegue se incrementó durante la tercera fase de la misma. En este pliegue se simboliza la unión entre las dos partes que constituyen la Galicia actual.

### Ruta de los Glaciares Cuaternarios

Este itinerario busca presentar la acción de los hielos glaciares durante el Pleistoceno en la zona. Se trata de un proceso geológico que comenzó hace 2,58 millones de años y acabó hace unos 15.000 años. Aunque el glaciario en esta zona tuvo un reducido desarrollo recubriendo las zonas más altas de la sierra en forma de pequeños glaciares de circo con un breve desarrollo de valles

Bajo los glaciares se han desarrollado sistemas de cavidades subterráneas que han servido de refugio a muchas especies animales, incluido el *Homo sapiens*

glaciares (Céramo, Seara-Vieiros) hacia las partes bajas (apenas unos kilómetros en los valles de mayor extensión) se reconocen algunos buenos afloramientos de depósitos subglaciares (*till basal*), como A Seara, Lucenza y Ferramulín, y de

forma más limitada, morrenas laterales y frontales (A Lucenza y Ferramulín), así como también formas erosivas tipo *nunatak* (Pico Formigueiro).

El glaciario de la zona es uno de los casos donde el desarrollo glaciario tuvo lugar a menor altura a estas latitudes, y el situado más al occidente de toda Europa. En el caso de O Courel la particularidad es que bajo los glaciares, y conectados con sus aguas de fusión, se han desarrollado sistemas de cavidades subterráneas que han servido de refugio a muchas de las especies animales que utilizaron las cuevas como refugio permanente o temporal (hibernación), incluido el *Homo sapiens* cuando por primera vez pobló Galicia, y que pueden ser observadas en la zona.

### Ruta de las Cuevas Calizas

Aunque el desarrollo de esta ruta esté limitado a personas que dispongan de la correspondiente licencia de la Federación de Espeleología, dado el exiguo desarrollo en superficie de los afloramientos de roca caliza, se trata de una buena oportunidad para conocer las peculiaridades de los sistemas cársicos gallegos que, de manera exclusiva, en esta zona de Galicia están relacionados con el desarrollo del glaciario cuaternario. Un interés adicional de estos sistemas cársicos es el de tratarse de los únicos lugares donde se conservan restos de la fauna cavernícola cuaternaria de Galicia, la mayoría de ellos estudiada por el Instituto Universitario de Geología de la Universidad de La Coruña. También es en estas cavidades donde se han encontrado los restos humanos más antiguos de Galicia.

### Ruta de la Pizarra

La pizarra es el recurso de rocas ornamentales de mayor importancia en la zona. Durante muchos años ha justificado una actividad minera, por otro lado muy contestada por los gravísimos impactos medioambientales que la explotación de la roca ha producido en la zona (figura 9). En el momento actual, la crisis económica ha llevado al cierre de todas las explotaciones a cielo abierto, localizadas en el valle de Pacios da Serra, quedando tan sólo activa una explotación subterránea en Folgoso de Courel.

La ruta tiene por objeto mostrar a los interesados, por una parte, los efectos prácticamente irreversibles de este tipo de explotaciones con visita a los antiguos frentes de cantera del valle de Pacios y a las increíbles escombreras que forman el paisaje actual. La ruta comprende también una visita a las instalaciones más modernas, tanto de extracción de la pizarra en la minería subterránea, donde es apreciable el menor impacto ambiental de este tipo de explotación más moderna, así como una visita a los talleres de manufactura de la pizarra donde se producen los materiales acabados para su comercialización y venta.

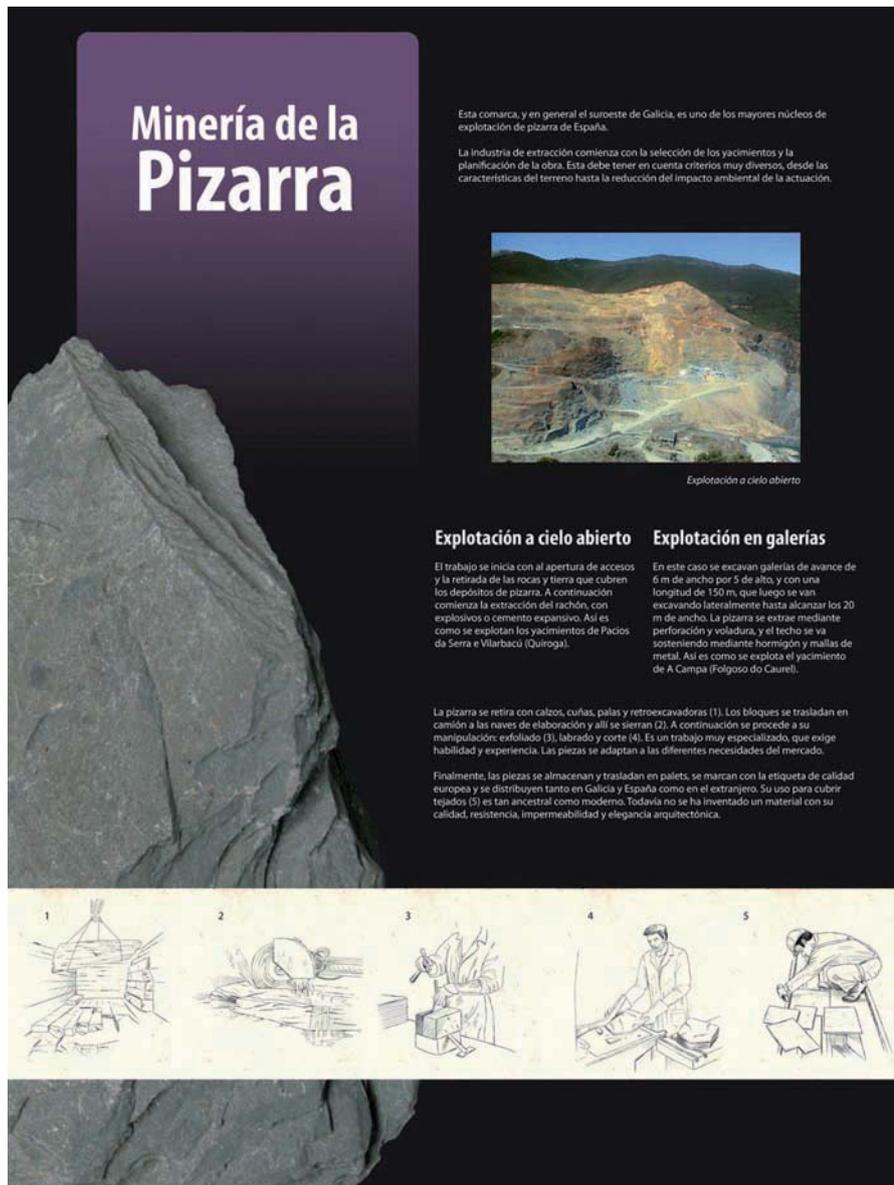


Figura 9. Panel explicativo de la minería de la pizarra.

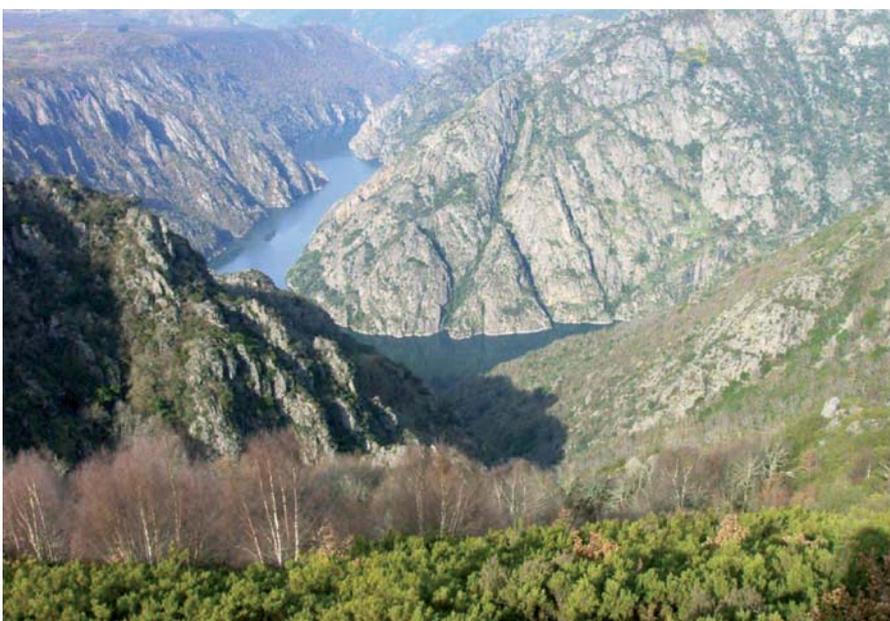


Figura 10. Cañones del río Sil.

### Ruta del río Sil

El sistema fluvial de los ríos Sil-Miño es sin duda el principal eje que vertebra todo el territorio gallego. Nace fuera de territorio de la Comunidad de Galicia, subordinándose a él gran parte de la red fluvial gallega.

En la zona del municipio de Quiroga y ayuntamientos limítrofes es posible observar cómo ha evolucionado el río Sil durante más de 4 millones de años. Dominado por el relieve plano del llamado Cañón del Sil (figura 10), se puede ver cómo el río se ha encajado verticalmente formando un impresionante acantilado vertical, tanto a lo largo de todo el curso de este río aguas arriba como en el del río Miño o de los restantes ríos gallegos donde puede observarse el mismo fenómeno. Las razones de este encajamiento se deben esencialmente a que toda la corteza terrestre se elevó como consecuencia del choque de la placa ibérica y la placa euroasiática que, por una parte, dan lugar a la formación de la cadena Cantábrica y, por otra, a las llamadas Sierras Interiores como el Courel, atravesadas por el río Sil. El hecho de que este río atraviese estas montañas prueba que estas se formaron cuando el Sil ya existía y su elevamiento atrapó al río que no pudo desviarse hacia zonas más llanas, no teniendo otra opción que excavar los profundos valles que atraviesa el Sil en su zona gallega. Todos estos acontecimientos pueden ser observados a lo largo de esta ruta mediante distintos elementos geológicos como las llanuras aluviales de San Clodio, Quiroga, las terrazas fluviales antiguas: Seadur, San Miguel de Montefurado y los cañones fluviales de A Teixeira-Doade, Ribas de Sil, Parada de Sil, Monasterio Ribas de Sil y, finalmente, las cuencas tectónicas de edad terciaria de Monforte, Doade o Sober.

### Datos de interés

Horarios del Museo Geológico:

- De lunes a viernes: 11:30-13:00 h
- Sábados, domingos y festivos: 11:00-12:00 h

Otros horarios y visitas guiadas para grupos: información y reserva en el teléfono 982 435 125 (Casa de la Cultura)

Museo Geológico Municipal de Quiroga: rúa do Courel s/n, 27320 Quiroga (Lugo)

<http://museoexoloxicoquiroga.blogspot.com>

<http://www.concellodequiroga.com>

[concello.quiroga@eidolocal.es](mailto:concello.quiroga@eidolocal.es)

# Geopark Naturtejo, bajo los auspicios de la UNESCO

## La construcción participativa de un destino geoturístico en Portugal

**TEXTO** | Carlos Neto de Carvalho<sup>1,2</sup>, Joana Rodrigues<sup>1</sup>, Sara Canilho<sup>1</sup> y Stéphanie Amado<sup>1</sup>.

1. Geopark Naturtejo da Meseta Meridional-European and Global Geopark under UNESCO.
2. Gabinete de Geologia e Paleontologia da Câmara Municipal de Idanha-a-Nova - Centro Cultural Raiano. Av. Joaquim Morão, 6060-101 Idanha-a-Nova (Portugal). carlos.praedichnia@gmail.com, joana225@sapo.pt, sara.canilho@gmail.com, stephanie.amado@gmail.com

Palabras clave

**Geoparques, Naturtejo, Tajo, Portugal.**

*Una inmensidad de Tiempo revelada en el espacio...*

*... 600 millones de años preservados en rocas y paisajes que se extienden por más de 4.600 km<sup>2</sup>...*

*Lugares fantásticos, donde la Naturaleza abrumadora es celebrada en un encuentro de culturas perpetuado por miles de años...*

*Una región donde la Madre Tierra ha sido particularmente generosa!*

Así se puede definir el Geopark Naturtejo da Meseta Meridional, en la región Centro de Portugal.

### La narración de una mirada

Todo aparenta un monótono plan. A medida que nos acercamos al Geopark Naturtejo procedentes de Lisboa, Oporto o de Madrid, nuestros ojos se llenan por la inmensidad, dorada por el verano o la pincelada de flores y aromas de la primavera. Es la Meseta Meridional. Los paisajes que cruzamos son riquísimos, hasta perder la noción de escalas: las proporciones se desvanecen en cada momento en el límite del alcance de nuestra mirada. La inmensidad aplanada de la Meseta es profusamente entallada por profundos valles: esto es el dominio del grandioso Tajo y de su cuenca hidrográfica, donde reinan los afluentes Ponsul, Erges, Sever, Ocreza y el sinuoso Zêzere. El majestuoso valle del Zêzere perturba la monotonía de las serranías de pizarra, que abundan en el Noroeste. El río serpentea incorporado en el paisaje, creando meandros pronunciados con kilómetros de una dinámica hoy silenciada por el embalse de Cabril. Por aquí se yerguen montañas casi desconocidas de la cordillera Central, como un mar de ondas de pizarra, que culmina en los picos de granitos de la sierra de la Gardunha, a unos 1.227 m de altitud. Todo lo demás es residuo de tiempos pasados: crestas cuarcitas y montes-isla de granito, vestigios desmembrados de una gigante montaña borrada por el tiempo (figura 1).



Figura 1. La "aldea más Portuguesa" en el 'Inselberg' de Monsanto: milenios a vivir el granito.

Cientos de millones de años de procesos geológicos de construcción y erosión de las rocas han dado forma a este paisaje. Son historias fantásticas que revelan la existencia de cadenas montañosas donde previamente existieron océanos, o el desarrollo de bosques tropicales largos de cientos de millones de años después del paso de icebergs. Historias descubiertas por los geólogos, los científicos que estudian las dinámicas y la evolución de la Tierra. No existe otro científico que sepa comprender tan bien el lenguaje de las rocas, que cuente la historia de nuestro planeta de una forma tan apasionada. Así, es con los geólogos que partimos en una emocionante aventura en busca de paisajes, bien como de sus habitantes, en un viaje por el Geopark Naturtejo hasta los confines del tiempo. Pero primero es necesario entender lo que es un geoparque.

### Geoparques: cooperación y competitividad rural por el geoturismo

Las Portas de Ródão se yerguen como el más majestuoso pórtico del Geopark Naturtejo, una evocación a la grandiosidad de las fuerzas de la Naturaleza. Un auténtico monumento natural en la trayectoria

del más grande río de la Península Ibérica: el Tajo. En su búsqueda incesante por el océano, el Tajo esculpió las fragas cuarcitas de la sierra de Talhadas a lo largo de 2,6 millones de años, en un sutil esfuerzo erosivo para sobrepasar tan resistentes rocas, que dejó una cicatriz con más de 200 m de profundidad. Es un proceso lento de erosión, que depende de la resistencia de las rocas existentes en el recorrido del río. Las cuarcitas son rocas extremadamente difíciles de desmontar por la erosión, formando relieves residuales de dureza que imperan en la forma de extensas murallas naturales en el paisaje del Geopark. Ya en las llanuras protegidas en los rigores climáticos y rellenas de gravas traídas por el vigoroso río, los primeros habitantes homínidos del territorio se establecieron allí desde hace más de 150.000 años para explorar, de una forma sostenible, los generosos recursos naturales puestos a disposición por el gran Tajo.

Pero la historia de las últimas décadas está dominada por escenarios macroeconómicos que han contribuido a un desequilibrio demográfico bastante alarmante entre el fenómeno del éxodo para los grandes centros urbanos y el abandono

del mundo rural. El medio rural abandonado, despoblado, envejecido, pobre y con bajos niveles de alfabetización no puede acompañar las economías de escala que están sujetas a una verdadera explotación ambiental de sus recursos naturales, que se justifican más fácilmente durante periodos de crisis, como el que estamos viviendo. Muchos de los 87 geoparques dispersos por el mundo surgen en un contexto rural de periferia social y económica, como alternativa innovadora desarrollada durante los últimos once años de gestión de los equilibrios ambientales en función de las necesidades humanas, en beneficio de las comunidades locales. Un geoparque es una región donde se puede descubrir paisajes geológicos fantásticos, cuyo uso diferenciador y la dimensión socioeconómica fomentan el desarrollo sostenible. Al contrario de las áreas naturales protegidas, los geoparques no descontextualizan el capital humano de su hábitat rural, pero se busca revitalizar el cultivo de la tierra a través de una nueva oferta y prestación de servicios, con la creación de equipamientos turísticos así como el saber-hacer de los artesanos, en un nuevo paradigma del turismo que llamamos el geoturismo.

El gran éxito demostrado por los geoparques, en un corto periodo de existencia, es su capacidad de organización social que defiende los intereses locales y la gestión de los recursos naturales y culturales. Un geoparque se crea como estrategia de desarrollo de las autoridades locales, representantes democráticos de los intereses de la comunidad, como medio de capitalización socioambiental. El capital lo forman las ideas innovadoras puestas en práctica que producen recetas sociales, culturales, ambientales y/o económicas en beneficio de las personas. La gestión ideal de un geoparque reúne el *feedback* positivo del conocimiento innovador de los científicos y la sabiduría atemporal de la población, su aplicación cotidiana por los técnicos y la difusión pedagógica por los profesores, las reivindicaciones de las ONG y las necesidades e ideas de los emprendedores en la construcción de una estrategia conjunta organizada y defendida por los líderes políticos (figura 2). A través de ejemplos sencillos y de escalas reducidas, se quiere acreditar que una estrategia geoturística estructurada en torno de un geoparque promueve la educación local para una ciudadanía intervencionista, refuerza los mecanismos de protección ambiental, motiva la autoestima y el orgullo cultural, estimula nuevas oportunidades de negocio y que, por fin, crea nuevos destinos de aproximación del hombre con la Naturaleza. Un geoparque puede catapultar una región para el reconocimiento global. Pero, su reconocimiento como símbolo de excelencia ambiental y social necesita de un apoyo nacional así como el entusiasmo de cada ciudadano. La participación activa de cada uno, organizada en un proyecto de geoparque y realizando el trabajo en redes de cooperación, tanto a escala de comunidad como

nacional de proyectos inter-continentales, como la Red Global de Geoparques bajo los auspicios de la UNESCO, puede garantizar niveles de sostenibilidad local, crecimiento económico y de calidad de vida, así como un refuerzo de la conservación y un aumento de la calidad del bien común, siendo la cultura y el medio ambiente bienes que pertenecen a todos.

Actualmente existen siete geoparques clasificados en España y dos en Portugal, que son testimonios clave de la historia de la Tierra en Europa. El Geopark Naturtejo, como geoparque pionero en Portugal, es dirigido por la Naturtejo, EIM, una empresa intermunicipal de capitales mayoritariamente públicos, constituida en 2004 por la Asociación de Municipios "Natureza e Tejo". La Asociación está compuesta por los seis municipios que estructuran el territorio del geoparque y, actualmente, por más de 24 empresas privadas de la región. Las áreas de intervención de la Naturtejo son la protección de su vasto patrimonio geológico y la valorización integrada con el restante patrimonio natural e históricocultural, a través de Programas Educativos y de la organización del sector turístico local en torno de una estrategia de turismo de naturaleza para la región. El Geopark Naturtejo es un Polo de Marca Turística de la Entidad Regional de Turismo del Centro de Portugal, estando definido en el Plan Estratégico Nacional de Turismo como primera prioridad para el desarrollo de proyectos de turismo de naturaleza.

#### Educación con participación comunitaria

El Imperio Romano se estableció en el territorio hace poco más de 2.000 años, erigiendo la cosmopolita Igaeditania, ciudad romana rememorada en el pequeño pueblo de Idanha-a-Velha. Durante más de 500 años, los romanos talaron los bosques y trajeron nuevas prácticas agrícolas y mineras que cambiaron radicalmente el paisaje natural. Las

terrazas fluviales del Tajo, Ocreza y Erges fueran excavadas en busca del metal más precioso, el oro. El *Aurifer Tagus*, tal como lo describió el gran naturalista romano del siglo I d.C. Plinio el Viejo fue una de las más importantes áreas de explotación aurífera del Imperio Romano. El oro ha sido extraído por toneladas en la región de Charneca y de Conhal do Arneiro, por desmonte gravitacional de millones de metros cúbicos de rocas sedimentares, a través de la inyección de agua proveniente de los ríos. Los cantos más grandes fueron quitados de los canales de evacuación de sedimentos por selección manual y apilados a lo largo de las márgenes del canal en forma cónica o rectilíneas que particularizan el paisaje de esta región. Esta nueva modalidad de explotación de los recursos naturales, a gran escala, creada por la romanización, transformó drásticamente todo el paisaje. Amplias extensiones de terrenos fueron rebajados y los sedimentos lavados, por gravitación, en cajas y platos o bateas, que llamados aquí "concas". Son gestos milenarios que fueron repetidos incesantemente a lo largo de estos ríos y que aquí hoy en día se puede encontrar, como por ejemplo, en el pueblo de Foz do Cozão. Se trata de gestos que reproducen en los ríos el transporte y la deposición de las partículas sedimentares, según la energía del agua. Gestos aprendidos con la observación cuidadosa de la Naturaleza. Un aprendizaje que se busca actualmente, en la primera persona, integrado en los Programas Educativos (figura 3).

Un geoparque es el resultado de la evolución de la dinámica de la Tierra durante millones de años, siglos de gestión territorial y de curiosidad científica, pasión por el trabajo de campo y tenacidad para comprender la Naturaleza. Este debe promover la educación en geociencias y la conservación de la Naturaleza. En el Geopark Naturtejo, los Programas Educativos son un complemento a los planes de estudio del Ministerio de la Educación,



Figura 2. Georrestaurante Petiscos & Granitos, balcón para la inmensidad del paisaje (Monsanto).



Figura 3. Los Programas Educativos del Geopark Naturtejo reviven prácticas ancestrales adaptadas a los programas curriculares: bateo de oro en el río Ocreza.

fomentan y promueven el contacto directo con la Naturaleza, alertan para la protección y la conservación del patrimonio natural y cultural, estimulan el contacto directo con los objetos de estudio de la Geología en su contexto real, posibilitan la utilización de instrumentos científicos asociados al trabajo de campo, generan aprendizajes significativos y el aumento de la literatura científica, contribuyendo así al ejercicio de la ciudadanía. Más de 15.000 alumnos y profesores ya participaron en los Programas Educativos propuestos por el Geopark, desde el año escolar 2007-2008. El Geopark Naturtejo creó dos programas diferentes, "O Geopark vai à Escola" ("El Geoparque va a la Escuela"), donde los monitores desarrollan varias actividades en la clase y por los alrededores de la escuela, y "A Escola vem ao Geopark" ("La Escuela va al Geoparque"), donde los alumnos y profesores hacen una visita guiada y dedicada a los geositios, museos y centros de ciencia, haciendo también senderismo y paseos en barco. Los programas están dirigidos a todos los niveles de la educación, desde la preescolar hasta la universidad. Los monitores de los Programas Educativos son técnicos y científicos cualificados en Geociencias, e incluyen también enfoques acerca de la conservación de la Naturaleza, historia y cultura, en una perspectiva holística del territorio. Pero la educación no es solamente formal. Representa la base del geoturismo. En 2008, la Skål International, una de las más grandes organizaciones de turismo del mundo, otorgó el Premio Ecoturismo a los Programas Educativos del Geopark Naturtejo.

Los Programas Educativos del Geopark Naturtejo tienen una fuerte vertiente social, con intervención directa en los planes de estudio anuales de las escuelas de la región, moviendo miles de alumnos y profesores a la descubierta del paisaje, y aproximándolos a la Naturaleza. En el Programa Educativo "Anim'a Rocha" para las escuelas del territorio, el Geopark Naturtejo trabaja con alumnos y profesores a lo largo del año escolar sobre

proyectos que buscan alcanzar las necesidades e intereses específicos de cada escuela y de su área geográfica circundante. Este programa educativo fue desarrollado para responder a los nuevos paradigmas de la sociedad, que invocan los ciudadanos más conscientes y preparados, capaces de responder a los nuevos desafíos, donde el desarrollo sostenible y la valorización de los recursos naturales son la prioridad.

#### Geoconservación para la responsabilidad

La arquitectura del paisaje del Geopark Naturtejo revela más de 150.000 años de convivencia directa, de una relación casi simbiótica entre la evolución tecnológica, social, económica, demográfica y cultural, y los georrecursos, cuántas veces elevados a lo intangible: "Nós, os Monsanto, já amamos aquela pedra [...], a de Monsanto. Todas as de Monsanto". El valor patrimonial de los paisajes culturales del Geopark Naturtejo también se puede evaluar a través de la riqueza de la asimilación de estas por los actores y constructores del medio ambiente: de los pastores y escritores hasta los científicos del paisaje. La gran abundancia de pinturas rupestres por toda la región, que datan del Paleolítico hasta la actualidad, desde las cumbres de la sierra de Alvelos a la cuenca baja del río Ocreza y del Tajo hasta las llanuras del Rosmanihal, nos transporta a un imaginario eminentemente pastoral y la comprensión de la diversidad de los paisajes, de sus valores y usos. En la expresión escrita del tema, Fernando Namora fue único en la descripción vivida y real del humanismo de los paisajes. Pero nadie comprendió la dimensión natural y cultural de estos paisajes de la *Beira*, como el geógrafo Orlando Ribeiro. Tal como lo demuestran los más de 300 artículos y libros publicados desde 1937, así como las miles de fotos de esta inmensa área. Orlando Ribeiro se convirtió en el gran maestro del conocimiento científico de los paisajes de este territorio. Como él, la gente de hoy busca recordar su *modus vivendi* en los paisajes,

fundamentando sus tradiciones y costumbres en el modelado del relieve, en los microclimas, en los recursos generados por los cultivos de la tierra y por la riqueza hídrica y mineral del substrato. Por eso, es importante elevar la condición del paisaje a la dimensión de propiedad patrimonial, para que haya un uso ecológico sostenible y para que resulte al derecho a la integridad sociocultural del paisaje. Son estas las razones y valores las bases constitucionales del Geopark Naturtejo.

El Geopark Naturtejo incluye más de 170 geositios identificados a lo largo del proyecto de inventario del patrimonio geológico y minero que se inició en 2004 y terminará en 2012, abarcando un 5% del territorio nacional. En esta geodiversidad, fueron seleccionados 16 geomonumentos que, por su complejidad paisajística, singularidad o representatividad científica, aplicabilidad pedagógica, relevancia cultural, grandeza escénica y elevado valor estético, frente a su vulnerabilidad, tienen un fuerte potencial geoturístico. Estos 16 geomonumentos, que relatan la historia geológica del Geopark Naturtejo de los últimos 600 millones de años, fueron el fundamento para la clasificación del territorio bajo los auspicios de la Red Mundial de Geoparques de la UNESCO. Por eso, algunos de estos geomonumentos ya están protegidos, bien a través una clasificación preexistente (Parque Natural del Tajo Internacional, Red Natura 2000-sitios Gardunha, Nisa/Laje de Prata y S. Mamede, Monumento Nacional de Monsanto), bien a través la aplicación de las leyes nacionales de protección del patrimonio geológico (Monumento Natural de las Puertas de Ródão, Conjunto de Sitios de Interés Municipal del Vale do Ponsul-Penha Garcia, sitios de Interés Municipal de Gardunha) o a través de la integración en los planes de desarrollo municipal (Nisa, Gardunha). El trabajo para la protección y la valorización del patrimonio geológico del Geopark Naturtejo generó, en 2004 y 2007, el Premio Geoconservação atribuido cada año por la ProGEO-Portugal y por la National Geographic Portugal, así como dos menciones honorables con el Premio Nacional de Medio Ambiente, otorgado en 2009 y 2010 por la Confederación Portuguesa de Associações de Defesa do Ambiente.

Después de más de 70 años de expectativas, debates y movimientos populares, la construcción del embalse de Alvito estuvo a punto de ser una realidad irreversible a partir de 2012. El proyecto de mayor envergadura construido alguna vez en el territorio del Geopark Naturtejo forma parte del Plan Estratégico Nacional de Embalses que prevé la construcción de diez nuevos aprovechamientos hidroeléctricos hasta 2020, contribuyendo así a la disminución de la dependencia nacional en combustibles fósiles y para respetar los objetivos establecidos por Portugal en el ámbito del Protocolo de Kioto. A pesar de la importancia de la construcción del embalse de Alvito, tomando en consideración el coste final (económico, ecológico,



Figura 4. Geo-monumento Portas de Almourão salvado de la destrucción por la construcción del embalse de Alvito.

paisajístico) del proyecto, relativamente a la potencia establecida, el quinto embalse por construir en la dirección de los 84 km del río Ocreza se consideró, por primera vez en Portugal, la importancia del patrimonio geológico, lo que ha cambiado todo el proyecto para preservar un geositio (figura 4). La función desempeñada por el Geopark Naturtejo y por algunas entidades locales y personas, para alcanzar la protección del geomonumento de las Portas de Almourão, muestra la importancia fundamental de la integración de los territorios en las redes Europea y Mundial de Geoparques bajo los auspicios de la UNESCO, así como la utilización del estatuto internacional en la gestión del territorio.

### Geoturismo: comparta un momento de tiempo profundo

Las murallas cuarcíticas de Penha Garcia son el punto culminante de un viaje que ya ha sido de sorpresas, lleno de historias a la memoria de los últimos héroes de la Raya. Por la noche, apenas iluminada por la luna, se revive las sensaciones de la travesía, con un montón de café y de wolframio, de la frontera luso-española en las rocas del río Erges donde, antiguamente, los contrabandistas arriesgaron su vida para ganarla. Se recorren los caminos con los sentimientos de comunicabilidad que nos asaltan con este pasado aún presente; desciende hacia las profundidades del Ponsul y sumergimos en tiempo en los océanos primordiales con casi 480 millones de años. Revelar sus tesoros geológicos es descender los estratos verticales o volar a través del desfiladero de cuarcita, o hacer una lectura cuidadosa de un escrito biológico aún sin descifrar que habita las páginas de esta enciclopedia de piedra. Son las "Serpientes Pintadas", como fueron conocidos por el pueblo de Penha Garcia desde tiempos inmemoriales. ¿A qué



Figura 5. 'Cruziana' en el Parque Icnológico de Penha Garcia: comportamiento de trilobites gigantes.

corresponden estas misteriosas formas que pueblan nuestro imaginario empírico? Conocidas como icnofósiles, son testimonios de los comportamientos asumidos en el día a día por un magnífico grupo de organismos, los trilobites. Todo lo que sabemos sobre estos seres extraordinarios que desaparecieron desde hace mucho tiempo de los mares de la Tierra, es que provienen de sus fósiles y de la gran cantidad de comportamientos que se han conservado en los sedimentos marinos. Son formas de exploración del espacio por los trilobites, algunas verdaderamente gigantes, en busca de recursos alimentarios que encontramos por todas las partes a lo largo de la Ruta de los Fósiles. "En ninguna otra parte se encuentran estos icnofósiles tan bien expuestos, tan bien preservados y tan diversificados como en Penha Garcia", afirmó Adolf Seilacher, Premio Crafoord por la Real Academia de las Ciencias de Suecia. De hecho, el Parque Icnológico de Penha Garcia sigue siendo un libro abierto a la ciencia: muchas de las historias contenidas en él continúan a perseguirnos en cada nuevo descubrimiento (figura 5).

El geoturismo, concepto reciente y nicho del turismo sostenible con crecimiento exponencial en el mundo en la última década, es finalmente tan antiguo como es la sacralización de los paisajes, de las rocas, de los minerales o de los fósiles por el hombre. El geoturismo puede ser definido como la organización sostenible de los recursos turísticos, de su protección, conservación y valorización, de la oferta de bienes y servicios, de la divulgación y promoción (comunicación) del destino, que se establece en torno del patrimonio geológico. Resumiendo, el geoturismo es viajar por el patrimonio geológico. Como segmento del turismo de naturaleza, con relaciones directas e indirectas con el turismo cultural (*touring* paisajístico, parques mineros, museos y centro interpretativos), con el turismo activo (senderismo, espeleoturismo, etc.) e incluso con el turismo de salud y bienestar (termalismo). El geoturismo evolucionó muy rápidamente con la expansión exponencial del movimiento mundial de los geoparques, a partir de 2000. De hecho, el análisis científico del geoturismo es muy reciente, con la primera Conferencia Mundial de Geoturismo, celebrada en 2008 en Australia. En este caso, Portugal se mantiene por delante gracias a un fuerte entusiasmo creado en torno del concepto de geoparques,

durante los últimos cinco años. La VIII Conferencia Europea de Geoparques organizada en el Geopark Naturtejo, en 2009, representó el primer evento científico en Portugal dedicado al geoturismo. El primer libro internacional sobre el tema publicado en Portugal, *Geoturismo y Desarrollo Local* ("Geoturismo e Desenvolvimento Local"), data del mismo año.

Los geoparques desarrollan actividades turísticas, cuyos principios son:

- La "valorización del destino" a través de la preservación de los hábitats naturales, de los sitios patrimoniales y de la cultura local.
- La "conservación de los recursos" para que las empresas y entidades locales contribuyan a minimizar la contaminación del agua, la producción de residuos sólidos, el consumo de la energía y del agua, así como el uso de productos químicos.
- Y la "interpretación interactiva" promoviendo las poblaciones para dar a conocer su patrimonio natural y cultural.

Este enfoque no sólo enriquece la oferta sino que la diversifica, convirtiéndola más interesante para más consumidores, en una combinación única de experiencias y emociones que distingue el Geopark Naturtejo de los otros destinos turísticos en Portugal, así como en los mercados turísticos internacionales. Una de las actividades más populares es el senderismo, que aprovecha los caminos tradicionales para su práctica. Entre los más de 500 km de senderos marcados en el Geopark, 103 km tienen un interés geológico relevante, rutas geoturísticas o *GeoTrails*, explorado tanto en los Programas Educativos como en rutas geoturísticas. Estos tienen la vocación principalmente para temas geológicos, como los fósiles, las minas o paisajes geológicos. Es posible encontrar aquí diferentes experiencias, como el Parque Icnológico de Penha Garcia con la Ruta de los Fósiles, donde se puede nadar con los trilobites y las cefalópodos ortocónicos, que aquí vivieron, el *Inselberg* granítico de Monsanto con la Ruta de los Berrocales, o el Monumento Natural de las Portas de Ródão con el Geokayaking (figura 6) y los paseos en barco para ver las pinturas rupestres del Tajo, visitar el geomonumento y hacer observación de aves. En los museos, los visitantes encuentran informaciones accesibles, así como en los exomuseos, donde es posible observar fenómenos y procesos geológicos en un contexto real. Varios proyectos para la creación de instalaciones de recepción de visitantes y de interpretación/señalización están propuestos o en desarrollo. El desarrollo económico local sostenible implica el desarrollo de infraestructuras y equipos de apoyo, como alojamiento, restaurantes, animación cultural, actividades de naturaleza y tiendas, con el apoyo del Geopark Naturtejo. Por eso, es fundamental tener un buen plan de acción para el geoturismo, con la participación de *stakeholders*



Figura 6. Monumento Natural de las Puertas de Ródão, en el río Tajo, un escenario privilegiado para actividades geoturísticas (fuente: Municipio de Vila Velha de Ródão).

de diferentes sectores de la sociedad y el desarrollo de asociaciones con el apoyo financiero. Los geoparques representan un fuerte compromiso de las comunidades locales, a través de la Administración local, asociaciones y empresas locales. Los ciudadanos también deben ser integrados a través, por ejemplo, de la etnogeología. Ellos pueden contribuir con su conocimiento y explicaciones sobre los procesos y productos naturales. En Monsanto, cada morfología granítica tiene un nombre y una leyenda asociada; en la Foz do Cobreão, los viejos mineros enseñan a los visitantes las técnicas ancestrales del bateo de oro. El georrestaurante Petiscos & Granitos propone la Sopa de los Berrocales y la gastronomía local en un medio ambiente geológico; la geopanadería Casa do Forno ofrece los sabores más antiguos del Geopark Naturtejo, las galletas Trilobites y Granitos, Tostadas Orogénicas y las Rebanadas de la Tierra (pizzas con el nombre de placas litosféricas) en la serenidad de la frontera. Por fin, la empresa Trilobite.Aventura propone diversas actividades de deporte en la Naturaleza, en pleno Parque Icnológico de Penha Garcia.

El Festival del Paisaje, integrado en la Semana Europea de los Geoparques, se celebra en los seis municipios que constituyen el Geopark Naturtejo da Meseta Meridional, o sea Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Oleiros, Proença-a-Nova, y Vila Velha de Ródão. Además de las ferias tradicionales, festivales temáticos, senderos, cursos, *workshops*, exposiciones, entre otras iniciativas, los visitantes y/o participantes del Festival del Paisaje de 2011 experimentaron una serie de experiencias, sentir la cultura, saborear la gastronomía, libetar adrenalina, ejercitar el cuerpo, relajar la mente, disfrutando siempre del contacto con la Naturaleza. El Festival del Paisaje de 2011 se amplió por dos meses en el Geopark Naturtejo. Durante este periodo extendido de celebraciones de los paisajes

geoculturales, numerosas entidades, desde los municipios y las parroquias, las escuelas, asociaciones locales y del medio ambiente, unieron sus fuerzas para ofrecer lo mejor y más representativo de la tradición de este vasto territorio donde la diversidad y la innovación suceden todos los días. Considerados uno de los cinco eventos más importantes de toda la Región Centro de Portugal, el Festival del Paisaje de 2011 estuvo formado por unos 30 eventos, atrayendo cerca de 60.000 participantes. En el año del Centenario del Turismo en Portugal y del Año Internacional de la Floresta, el Geopark Naturtejo se asoció a estas celebraciones reforzando su importancia nacional para la dinámica turística y para la conservación de la Naturaleza en Portugal.

Pero la apuesta del Geopark Naturtejo no se queda en la creación de equipos y productos turísticos innovadores o por el desarrollo de eventos diferentes, sino sobrepasando su imagen de calidad, sus valores de sustentabilidad y responsabilidad para la certificación de productos locales. El proyecto de certificación también surgió con la intención de probar la elegibilidad y mejorar la calidad de los servicios y productos GEO de los socios, dando al mismo tiempo, un acompañamiento técnico necesario y creando condiciones para que la calificación integre los modelos de certificación reconocidos a nivel internacional. Por otro lado, se busca una gestión más sostenible de los recursos naturales locales, con la participación de toda la sociedad en una lógica de beneficio común. La marca GEO se puede comparar con una certificación en su proceso de atribución y requisitos, aplicándose exclusivamente al territorio Geopark Naturtejo, territorio de excepcional valor patrimonial que reúne las consideraciones del desarrollo sostenible. Se trata de un proceso interno que ajusta los principios de la Carta de Principios de la

Red Europea de Geoparques (EGN) y de la Red Mundial de Geoparques de la UNESCO (GGN) que reglamentan el Geopark Naturtejo, así como las principales directrices de orientación para el desarrollo del turismo de naturaleza en Portugal. Dado que la interpretación del patrimonio natural e histórico-cultural es la base de las estrategias del territorio Naturtejo, es fundamental que las actividades y/o productos de las empresas socias estén conectadas (de forma más o menos directa) a los valores del geoparque, con énfasis para el patrimonio geológico que se interconecta con el paisaje, la riqueza cultural o de los productos regionales, la educación, el geoturismo, entre otros. La marca GEO se basa también en la comunicación de estos productos innovadores (nuevos productos o productos tradicionales reinventados) y tiene aún el objetivo de establecer un objetivo ambiental adaptado a cada entidad social según sus capacidades para que, a largo plazo, este compromiso conduzca a la obtención de una certificación ambiental o de servicios reconocida internacionalmente como, por ejemplo, la norma ISO.

El final del viaje por el Geopark Naturtejo es el regreso a la realidad y las rutinas de la vida cotidiana. ¿Qué se queda de este fantástico viaje, de esta experiencia fascinante? Se camina por el territorio en busca de marcas del tiempo más profundo. Nuestra mirada atravesó 600 millones de años y un conjunto de acontecimientos que se interconectan y que componen la historia geológica de este territorio. Una historia hecha de ciclos de acumulación de sedimentos en cuencas oceánicas, de construcción de montañas en las orogénias y de su arrasamiento por los agentes erosivos. Descubrimos que la biodiversidad no es el resultado de un momento, sino la complejidad de los ambientes y paisajes geológicos, en una interacción evolutiva mucho más amplia que la escala humana. Que los valles y las montañas determinaron los estilos de vida y que las rocas completaron la curiosidad y la necesidad humana. Que los minerales son la célula básica de este cuerpo que llamamos la Tierra. Cuestiónese siempre y viaje. El etnólogo portugués, Leite de Vasconcelos, ya decía que viajar es la mejor forma de aprender. Y existen más de 87 geoparques dispersados por todo el mundo donde podremos descubrir los misterios de esta magnífica Tierra. Porque sólo amamos y protegemos lo que conocemos...

Es simplemente impresionante cómo el río Tajo, este río más grande de la Península Ibérica, circula atrincherado, sumiso, entre gigantes cuarcitas prehistóricas, en esta región del Geopark Naturtejo da Meseta Meridional. Viajar hasta el Monumento Natural de las Puertas de Ródão nos permite contemplar, a lo largo del día, el cambio de color de la muralla cuarcita y la suavidad con la que el Tajo la cruza hoy. La grandeza y la emoción del escenario nos hacen entender por qué se dice por aquí "tienes un corazón más grande que las Puertas".

# IEP geotermia

[www.geotermiasolar.net](http://www.geotermiasolar.net)



## Aplicaciones

- Edificios de viviendas
- Naves Industriales
- Unifamiliares
- Hoteles
- Complejos deportivos
- Bodegas
- Explotaciones ganaderas
- Invernaderos
- Piscifactorías
- Procesos industriales



Instalaciones  
Enrique Pérez, S.L.

[www.geotermiasolar.net](http://www.geotermiasolar.net)  
[info@geotermiasolar.net](mailto:info@geotermiasolar.net)

**Climatización sostenible**

# Suiseki, las piedras paisaje: una geología en miniatura

En el mundo de la geología los *suiseki* han producido un gran impacto. Observar y tener la geomorfología en miniatura es algo que a todo amante de esta ciencia le llega a emocionar.

**TEXTO** | José Manuel Blázquez Delgado, presidente de la Asociación Española de Suiseki, y Salvador Mirete Mayo, geólogo.

Palabras clave  
**Suiseki, arte del *suiseki*.**

El arte del *suiseki* es:

- Buscar, contemplar, exponer y apreciar, piedras formadas por la naturaleza, que nos sugieren alguna escena, paisaje u objeto natural.

Lo que probablemente comenzó como un pasatiempo: "Buscar y coleccionar piedras estéticamente bellas y con formas sugerentes, generalmente relacionadas con escenas de la naturaleza u objetos estrechamente asociados con ella", nació hace unos 2.000 años en China. Pero el *suiseki*, que probablemente se deriva, o es una abreviatura del término japonés *sansui keiseki* (*san* = montaña; *sui* = agua; *kei* = escena, paisaje; *seki* = piedra), tal y como lo conocemos en la actualidad a través de Japón, no es más que la adaptación de esas tradiciones chinas a los usos y costumbres japoneses, siendo ellos (los japoneses) los acuñadores de la mayoría de los nombres con los que se conocen las diferentes clasificaciones en que se dividen los *suiseki*.

Hay varios sistemas para clasificar los *suiseki*, pero la mayoría de los aficionados japoneses clasifican sus piedras por el lugar de origen. En cambio, en Occidente, suelen clasificarse por el paisaje o por la forma que sugieren, siendo consideradas las piedras paisaje como los *suiseki* por excelencia, especialmente las que nos sugieren montañas, debido a que el origen de este arte se encuentra en las primeras piedras chinas que simbolizaban montañas sagradas para taoístas (Horai, el paraíso taoísta) y budistas (monte Shumi, una de las montañas sagradas del budismo).

Existen dos formas de presentar o exponer el *suiseki*, la primera es la *daiza*, una peana labrada en madera noble a la cual se debe adaptar la base de *suiseki*; es una labor artística de talla que sin duda lo dignifica. La segunda más sencilla es sobre una bandeja de cerámica (*sui-ban*), o acero (*doban*) rellena de una arena especial de grano medio en la cual se asienta el *suiseki*.

La forma básica de un *suiseki* es un paisaje que recuerda a una montaña (*yamagata-ishi*; *yama* = montaña, *gata* = forma, *ishi* = piedra), que puede ser:

- **Montaña lejana:** *toyama-ishi*, si la piedra posee contornos suaves, pocos detalles, picos redondeados, tonos oscuros o color negro, textura más o menos uniforme, alguna mancha clara que nos recuerda la nieve, etc. En la *figura 1* se puede ver presentada en *daiza*.
- **Montaña cercana:** *kinzan-seki*, si sus contornos son más rugosos y podemos distinguir fácilmente detalles claros como cañones, ríos, barrancos, cascadas, arroyos, etc. En la *figura 2* se puede ver presentada en *daiza*.

Pero los *suiseki*, además de clasificarlos en montañas, se pueden clasificar en:

- **Isla:** *shimagata-ishi*; *shima* = isla, *gata* = forma, *ishi* = piedra, cuando la piedra nos recuerda a



Figura 1. Montaña lejana.



Figura 2. Montaña cercana.



Figura 3. Isla.



Figura 4. Costa rocosa.



Figura 5. Playa.



Figura 6. Cascada.

una isla solitaria rodeada de agua (laguna, mar, etc.). En la *figura 3* se puede ver presentada en *suiban* ovalado.

- **Costa rocosa:** *iwagata-ishi*; *iwa* = roca, peñasco, acantilado, *gata* = forma, *ishi* = piedra, nos sugiere una línea costera rocosa similar a un acantilado azotado por el viento o una costa rocosa abrupta en la que las olas rompen con fuerza. En la *figura 4* se puede ver presentado en *suiban* rectangular.
- **Playa:** *isogata-ishi*; *iso* = playa, orilla del mar, *gata* = forma, *ishi* = piedra, nos sugiere la línea de una costa, pero mucho más

plana que en el caso de la costa rocosa (*iwagata-ishi*), es decir, una orilla más apacible (que puede ser rocosa o no). En la *figura 5* se puede ver presentado en *suiban* ovalado.

- **Cascada:** *taki-ishi*; *taki* = cascada, *ishi* = piedra, cuando la piedra muestra como elemento principal alguna veta blanca (o más clara que el color dominante de la piedra), no demasiado grande, y nos recuerda a una corriente de agua que fluye y cae por la montaña, como si fuera una cascada, un salto de agua. En la *figura 6* se puede ver presentado en *daiza*.

- **Torrentera:** *keiryu-ishi*; *keiryuu* = corriente, arroyo, riachuelo, chorro, *ishi* = piedra, es muy similar a la *taki-ishi*, pero se diferencia en que ésta, en vez de un salto de agua o cascada, las vetas, también blancas o de color claro, nos recuerdan una corriente de agua como la de un río, arroyo o torrente que nace con fuerza de la montaña y discurre a través de un valle, barranco, cañón, etc. En la *figura 7* se puede ver presentado en *daiza*.
- **Meseta:** *dan-seki*; *dan* = plataforma, terraza, *seki* = piedra, si presenta o sugiere una (o varias) meseta, terraza, altiplano o plataforma plana junto a una montaña. Los japoneses



Figura 7. Torrentera.



Figura 8. Meseta.



Figura 9. Ladera.

consideran que un buen ejemplar de *dan-seki* debe poseer al menos tres escalones paralelos (contando la superficie superior) de diferentes longitudes y con cortes verticales entre escalón y escalón, con ángulos casi rectos ( $90^\circ$ ). En la figura 8 se puede ver presentado en *daiza*.

- **Ladera:** *doha-ishi*; *do* = camino, *ha* = contraste, en este caso referido al que hay entre la llanura y la pendiente, *ishi* = piedra, su forma nos recuerda una pendiente, vertiente, falda o ladera levantándose suavemente hacia una montaña lejana. A mí, personalmente, me recuerda a un paisaje con una llanura muy extensa que se junta con una montaña lejana, en el que se pueden imaginar pequeños pueblos, algunos caminos, ríos, lagos, etc. En la figura 9 se puede ver presentado en *daiza*.
- **Laguna:** *mizutamari-ishi*; *mizutamari* = charco, estanque, piscina, alberca, *ishi* = piedra, es una piedra con una depresión o con un agujero. En la figura 10 se puede ver presentado en *doban*.
- **Caverna:** *dokutsu-ishi*; *dokutsu* = cueva, *ishi* = piedra, cuando la piedra tiene oquedades,

huecos, etc., que nos recuerdan cuevas, grutas o cavernas. En la figura 11 se puede ver presentado en *suiban*.

- **Túnel:** *domon-ishi*; *domon* = túnel, entrada a una cueva, *ishi* = piedra, sus formas sugieren arcos, túneles, etc. En la figura 12 se puede ver presentado en *suiban*.

En cualquier caso, un *suiseki* nos hace fijar la atención en lo simple y enriquece nuestra mente, nos permite ver sendas cubiertas de nieve, cascadas, cumbres frías, planicies assoladas por vientos, avalanchas, lagos o suaves montañas sin ir muy lejos de casa, ya que podemos encontrar todo eso sentados en nuestro sillón, observando una simple piedra de nos más de 20 cm.

Puede haber una primera fase de interpretación del paisaje obtenido como hemos visto y que permite clasificarlo, y una segunda ya más difícil, pero indudablemente la más bonita encontrarle un símil con un paisaje conocido de nuestra superficie terrestre. Así hemos visto *suiseki* que presentan cordilleras con sus distintas vertientes, incluso divisorias de aguas al quedar marcados

los torrentes y arroyos; algunos nos recuerdan zonas volcánicas famosas o cordilleras con domos graníticos como pudiera ser la sierra de La Cabrera, en Madrid. Hay que decir que, curiosamente, la roca que compone el *suiseki* no tiene por qué coincidir con la del paisaje que presenta similitud.

Es interesante conocer desde el punto de vista geológico su naturaleza, es decir, que tipo de roca compone el *suiseki*, así como las de las vetas que figuran los mencionados arroyos, neveros etc. Es otro aspecto, el científico, más a tener en cuenta, aunque este sea menos filosófico, espiritual o psicológico.

La cuestión más práctica y básica para cualquier persona que quiere comenzar en el arte del *suiseki* es la de saber qué tipos de piedras son las más apropiadas para conseguir un *suiseki* y dónde se encuentran.

#### ¿Dónde ir a buscar el material?

Son muchos los lugares donde se pueden buscar *suiseki*. Se pueden encontrar en: orillas de ríos, lagos, mares, glaciares, fondo de barrancos,



Figura 10. Laguna.



Figura 11. Caverna.



Figura 12. Túnel.

pedregales, etc. Desprendimientos, canteras, cortes por el paso de una carretera, obras, etc.

Un ejemplar interesante puede aparecer en un lugar inesperado. Conviene advertir que los *suiseki* no se pueden recoger en los parques nacionales y otras áreas protegidas. Son parte del ecosistema y condicionan la vida de las plantas (y los animales). No hay que causar daños al entorno; no destruir el suelo ni destruir posibles madrigueras o refugios de animales.

#### ¿Qué material debemos recoger?

Hay unos principios básicos que hay que seguir para la selección de un *suiseki*. A saber:

- La característica fundamental (primer filtro) para su selección debe ser su forma (silueta).
- Preferiblemente hay escoger rocas duras y erosionadas por los agentes naturales.
- Tienen que tener una dureza de 5 o mayor.
- Tienen que tener una textura de grano fino y ser compacta.

Las rocas ígneas que más podrían interesar son: basaltos, dioritas, gabros, etc., todas ellas de grano muy fino y compactas. No merecen la pena: granitos, pegmatitas, peridotitas, obsidianas, lava, piedra pómez, etc.

Las rocas sedimentarias más idóneas son las duras y compactas, como: turbiditas, pizarras, areniscas, conglomerados y brechas de grano fino, etc. (rocas detríticas) y calizas micríticas, litográficas en general, muy consistentes y

compactadas; las rocas ferrosas, como las limonitas, etc., formadas por procesos de meteorización de depósitos de hierro.

La mayor probabilidad será la de encontrar algún tipo de roca sedimentaria, desde luego en una gran parte de la geografía española, para considerarla un *suiseki*. Pero, en general, será raro encontrar algo interesante entre las rocas sedimentarias carbonatadas, o las más blandas y cuando aparecen excesivamente masivas, las calizas, dolomías, margas, sílex, yesos, rocas arcillosas, areniscas o pizarras demasiado blandas, sales, etc.; tampoco interesan las que sean excesivamente llamativas en sus colores, como: turquesas, calcedonias, ágatas, etc., así como las originadas por seres vivos: fósiles, carbones, etc.

Finalmente, entre las rocas metamórficas, podría interesar buscar en zonas con cuarcitas, pizarras, etc., para conseguir ejemplares de *danseki* (piedra terraza), *doha-ishi* (piedra ladera) y *kuzuya-ishi* (cabañas), o gneis, migmatitas, anfibolitas, mármol veteado, tectonitas, etc., para conseguir piedras con dibujos superficiales asociados a la Naturaleza (*mon-seki*).

#### ¿Cómo limpiar una piedra?

Una vez que hemos recogido las piedras que podrían tener valor y ser consideradas *suiseki*, tenemos que limpiarlas para decidir si realmente ha merecido la pena, ya que en la mayoría de los casos, las piedras estarán sucias de barro, fango, incrustaciones, musgo, algas, pequeños moluscos, arena, tierra, etc., y tal vez sólo tengamos una intuición de la sorpresa que nos depara.

Es muy importante, antes de comenzar a limpiar la piedra, estar completamente seguros de saber de qué material o estructura se trata: turbiditas, cuarcitas, arenisca, etc., ya que dependiendo de la dureza, porosidad, solubilidad, etc., emplearemos cepillos de diferentes materiales/durezas (nylon, metal, etc.), punzones de dentista, etc., y mantendremos la piedra en remojo (en agua), más o menos tiempo y número de veces.

Conviene limpiarlas bien pero lo mínimo posible, es decir, es bueno dejar alguna suciedad entre algunas hendiduras y grietas para mantener los pequeños detalles que dan el carácter de piedra y la hace única y valiosa. Sobre todo, no limpiar demasiado bien la base, es una prueba más de su origen natural, autenticidad y no manipulación. Observar el trabajo de la *daiza* en la figura 13.

Es necesario saber de qué material se trata, pues dependiendo de la dureza se limpiarán en agua con diferentes tipos de cepillo (dureza/material), punzones, etc.

Las rocas no se cortan, no se pulen, no se tallan, no se aplica barniz, etc.

#### Áreas preferentes de recolección

Los *suiseki* más interesantes desde el punto de vista geológico se obtienen en los flysch y en los terrenos volcánicos; aquí, en España se están obteniendo en los estratos del flysch de la costa vasca y Pirineos occidentales.

El flysch (fluir, deslizarse, terreno resbaladizo) es una secuencia sedimentaria en la que alternan uniformemente materiales duros (areniscas y



Figura 13. Ejemplo de un suiseki bien limpiado.

calizas) con materiales blandos (arcillas y margas). Estos materiales se formarían en zonas profundas de los océanos, estando su origen relacionado con la formación de "turbiditas", que se producen por la sedimentación de los depósitos de corrientes con gran turbidez en zonas profundas. Estas corrientes de turbidez fluyen por la carga de sedimentos que transportan dándole una elevada densidad. Los sedimentos depositados se denominan "turbiditas".

En algunas zonas del flysch del País Vasco se pueden observar dos partes diferenciadas: una antigua formada en el Cretácico superior (entre hace 100 y 66 millones de años), observándose tres partes diferenciadas: calcárea (margas, margocalizas y calizas micríticas),

detrítico-calcárea (margas, margocalizas y calizas margosas), y material de transición (margas, margocalizas y calizas margosas).

La parte más moderna corresponde al terciario (hace 65 Ma), y también se observan tres partes diferenciadas: capas rojas (margas rojas, margocalizas y calizas), material de transición (calizas micríticas gris claro, margas y margocalizas), materiales terciarios (areniscas y lutitas en alternancia).

Los mejores *suiseki* provienen de la zona calcárea del Cretácico superior y de la zona de transición del Terciario.

Las calizas micríticas de color gris asemejan al granito o incluso a la misma caliza, las margas en pequeñas vetas más claras, incluso blancas serían

los accidentes (arroyos, torrentes y neveros) que podemos encontrar en la alta montaña.

Los estratos del flysch se presentan verticales, esta circunstancia hace que sufran una meteorización por la acción del agua marina combinada con la meteorización y erosión producida por el agua de lluvia. La sal, con el tiempo irá atacando por corrosión a la caliza o arenisca que la irá predisponiendo para así ser más fácilmente meteorizada y erosionada por la lluvia; así pues, se trata primero de una meteorización química seguida de una erosión. El resultado son las formas caprichosas que nos dan esa miniaturización de la geomorfología.

Otro lugar de donde proceden muchos *suiseki* es la región de Liguria (Italia), allí también existen flysch en el área entre Ventimiglia y Albenga que están bien representados por areniscas y calizas margosas, entre los cuales destacan los del grupo Toraggio (piedra caliza a 1.973 m), Pietravecchia (2.038 m) y el monte Saccarello (2.200 m), el más alto en la región. Además, los Alpes de Liguria tienen una cantidad significativa de fenómenos kársticos, en general, con piedra caliza y areniscas muy proclives a presentar formas de todo tipo.

Se pueden encontrar *suiseki* en muchos sitios además de en los flysch, como hemos visto anteriormente, pero realmente lo que ha de ocurrir es que nuestra imaginación busque en la piedra encontrada una respuesta geológica, nunca debemos pensar en encontrar un paisaje determinado, eso sería demasiada casualidad, como ocurrió en este caso del mineral "romanechita" (hidróxido de manganeso) que aparece en Ouro Preto (Brasil), con formas de Torcal (figura 14).

Los terrenos volcánicos son muy propicios para encontrar *suiseki* de todo tipo, no solamente geológicos, de ahí la afición y la ilusión que ha puesto en este tema el pueblo japonés. En España, por el momento se conocen pocos *suiseki* de roca volcánica procedentes de las regiones formadas por este tipo de roca, pero sin duda, si buscamos en el vulcanismo de Girona, Almería, Ciudad Real y, por supuesto en las islas Canarias, no es de extrañar que nos encontráramos con agradables sorpresas pertenecientes al mundo del *suiseki*.

De cualquier forma la acción de la meteorización combinada con la erosión, procesos descritos anteriormente, son condición importante para su formación en rocas como la caliza, arenisca, basaltos (lavas) y en menor grado plutónicas.

### Epílogo

Podríamos decir que los "*suiseki* geológicos" son la geología dentro de la geología y que se debería añadir a su historia, tanto su naturaleza pétreo y proceso de formación como la descripción del paisaje geológico que representa detallando sus accidentes.

Destacar finalmente que se prepara una aplicación didáctica de los *suiseki* especialmente para invariantes.



Figura 14. Suiseki con forma de Torcal.

# ¿Por qué Vaillant?

Bombas de Calor Geotérmicas - Máxima eficiencia y ahorro



## Bombas de calor geotérmicas para calefacción y ACS

Modelos con diferentes características de equipamiento que ofrecen una solución de sistema hecha a medida para cada aplicación, tanto para calefacción como para agua caliente.

■ Calefacción ■ Agua caliente ■ Energías renovables

Porque  **Vaillant** piensa en futuro

902 11 63 56 • [info@vaillant.es](mailto:info@vaillant.es) • [www.vaillant.es](http://www.vaillant.es)

# El Colegio de Geólogos consigue 1.973 impactos en prensa durante 2011, un 173% más que el año anterior

## En un año marcado por el terremoto de Lorca y la erupción en El Hierro

El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) ha conseguido **1.973** impactos directos en todo el año 2011, tanto *online* como en prensa escrita, radio y televisión. Con respecto al año 2010, ha habido un incremento del **137%**. El 2011 ha sido un año marcado informativamente por el terremoto de Japón, el terremoto de Lorca y la erupción volcánica en la isla de El Hierro.

Por meses, a pesar de que el año empezó de manera intensa en actividad informativa —el mes de marzo, con el terremoto de Japón, fueron 501 los impactos directos del ICOG—, sin lugar a dudas, el mes de mayo acaparó con el terremoto de Lorca los mayores impactos, 646 en total. En buena parte, debido a la información fresca y ágil que ofreció el ICOG en todo momento, a la rápida reacción a los acontecimientos que se iban ofreciendo, así como a la disponibilidad de todos los miembros de la Junta de Gobierno para entrevistas y para atender a los medios.

En 2011, a excepción del mes de agosto, se han mantenido un buen ritmo de comunicaciones y, por tanto, de impactos, algo que se ha visto reflejado en el alto número de impactos finales. Otros meses con actividad informativa intensa han sido **septiembre** (156), por la actividad del volcán de El Hierro, y el mes de **octubre** (223), donde a parte de la información de El Hierro también tuvieron gran repercusión las mesas políticas que organizó el ICOG de cara a las elecciones generales (véanse los reportajes en este número de la revista).

Por áreas, como no podía ser de otra manera, el primer lugar es para los **terremotos**, con un total de 892 impactos, seguido de **volcanes** (227) y después **centrales nucleares-ATC**, con 156 impactos.

El importe de los diez impactos que más valoración económica han generado en 2011 asciende a **146.260 euros**, y han aparecido en periódicos de tirada nacional como *El País*, *El Mundo*, *ABC*, *La Razón* o *Cinco Días*.

En lo que respecta a materiales de Europa Press Comunicación, se ha redactado un total de **62 notas de prensa** a lo largo del año, lo que ha

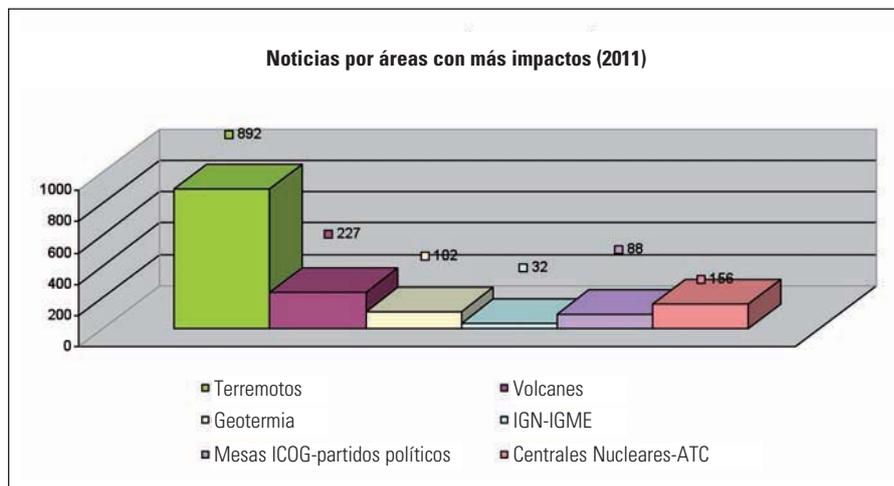
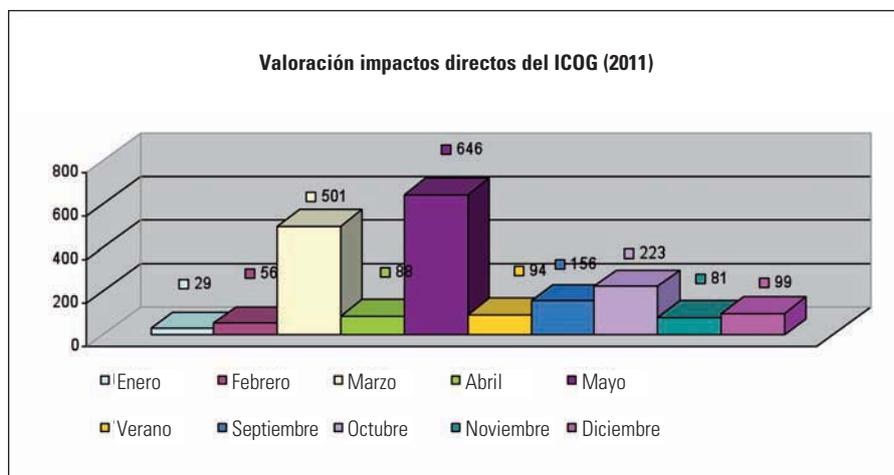
generado **177 teletipos y comunicados**. Destaca el mes de marzo con 44 comunicados y teletipos, que se sitúa por delante de mayo con 35 materiales.

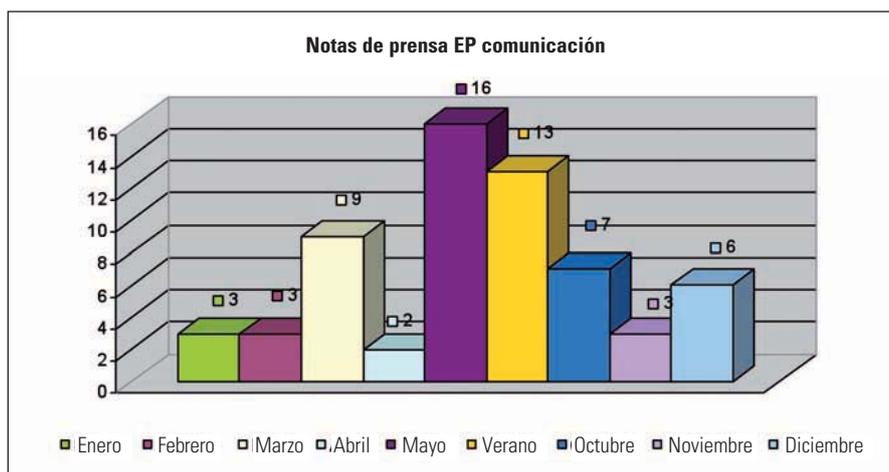
En resumen, se podría hacer un balance muy positivo de la comunicación llevada a cabo por el ICOG durante 2011, sobre todo por el incremento de impactos que se ha observado con respecto al año anterior. Bien es cierto que las catástrofes naturales han jugado un papel relevante en la presencia del ICOG en los medios, pero también se puede concluir que el flujo constante de comunicación con respecto a otros temas como geotermia o centrales nucleares ha contribuido a

que el ICOG tenga una gran presencia en los medios durante 2011.

Por ello, se puede concluir que se están haciendo las cosas bien por parte de todos y esta sería la línea de trabajo a seguir en un futuro. Por último, ha quedado demostrado que la comunicación en el ICOG sirve para reforzar los objetivos estratégicos de "geología al servicio del ciudadano", incrementando el papel del Colegio de Geólogos en la sociedad gracias al alto número de impactos alcanzados en prensa escrita.

A continuación, se muestran las gráficas más importantes:





Noticias 'online' por meses con más impactos (2011)

Mes	Titular	Tipo de noticia	Impactos
<b>Enero</b>	Haití tiene un 100 por cien de posibilidades de sufrir un terremoto como el de hace un año, según un experto	Teletipo Europa Press	14
<b>Febrero</b>	La ola de terremotos destructivos podría llegar a España	Comunicado	33
<b>Marzo</b>	El terremoto de Japón ha liberado una energía equivalente a 200 millones de toneladas de TNT	Comunicado	29
<b>Abril</b>	El próximo terremoto de más de 8 grados de magnitud, según la estadística, puede llegar dentro de un año	Teletipo Europa Press	45
<b>Mayo</b>	El Colegio de Geólogos insiste en la importancia de aplicar la norma sismorresistente en zonas como Murcia	Comunicado	26
	Los derrumbes se deben a daños previos, según el Colegio de Geólogos	Teletipo EFE	37
	Terremoto de Lorca "era de esperar", dice un geólogo que estudia la falla Alhama	Teletipo EFE	14
<b>Verano</b>	El ICOG critica que el Ayuntamiento de Guadalajara admita farmacéuticos y no geólogos en una plaza de medio ambiente	Teletipo Europa Press	14
	COMUNICADO: la crisis sísmica de la isla de El Hierro requiere profundizar en su modelo geológico	Comunicado	29
<b>Octubre</b>	El PP retomará el trasvase del Ebro si llega al poder	Comunicado	44
<b>Noviembre</b>	El posible islote que pudiera surgir por la erupción submarina en El Hierro no saldrá a la superficie	Comunicado	39
<b>Diciembre</b>	El Colegio de Geólogos propone un Instituto Geográfico y Geológico Español por la fusión del IGN e IGME	Comunicado	28
	El cráter activo de El Hierro está ahora más superficial	Comunicado	28
<b>Total</b>			<b>380</b>

Noticias de prensa por meses con más impactos (2011)			
Mes	Titular	Tipo de noticia	Impactos
Enero	Si no aprendemos de los errores volverá a haber desastres como los de Brasil o Australia	Comunicado	1
Febrero	El Colegio de Geólogos aboga por la colegiación obligatoria para ofrecer mejores servicios a los ciudadanos	Comunicado	7
Marzo	El terremoto de Japón ha liberado una energía equivalente a 200 millones de toneladas TNT	Comunicado	96
Abril	El próximo terremoto de más de 8 grados de magnitud, según la estadística, puede llegar dentro de un año	Teletipo Europa Press	12
Mayo	El terremoto de Lorca ha liberado una energía de más de 200 toneladas de TNT	Nota de prensa	183
	El Colegio de Geólogos se muestra a favor de actualizar y mejorar la normativa sismorresistente en España	Nota de prensa	
	El terremoto de Lorca supondrá un antes y un después en relación a la prevención sísmica en España	Nota de prensa	
Verano	El Colegio de Geólogos denuncia que algunas entidades públicas establecen puestos de trabajo teledirigidos	Comunicado	3
	Expertos dicen que las probabilidades de erupción volcánica en El Hierro son "bajas" y no hay peligro para la población	Comunicado	5
Octubre	La actividad del volcán en El Hierro no ha hecho más que comenzar	Comunicado	22
Noviembre	El posible islote que pudiera surgir por la erupción submarina en El Hierro no saldrá a la superficie	Comunicado	5
Diciembre	El Colegio de Geólogos propone un Instituto Geográfico y Geológico Español por la fusión del IGN e IGME	Comunicado	4
	El Colegio de geólogos se muestra favorable a la designación del ATC en Villar de Cañas	Comunicado	4
<b>Total</b>			<b>342</b>

Las diez noticias en prensa con más impactos				
Mes	Medio	Tipo de medio	Titular	Valor (€)
Marzo	<i>Tiempo</i>	Revista semanal	Calor desde dentro de la Tierra	11.500
Abril	<i>Época</i>	Revista semanal	Aumentan las inundaciones	6.574
Mayo	<i>El País</i>	Prensa nacional	Los terremotos paradójicos	30.549
	<i>El Mundo - Crónica</i>	Suplemento Semanal	Casas de papel	38.300
	<i>La Razón</i>	Prensa nacional	Lorca, viaje al centro de la primera grieta	23.671
Verano	<i>Cinco Días</i>	Prensa nacional	Los geólogos se ven vetados en las ofertas de empleo	2.582
Septiembre	<i>ABC</i>	Prensa nacional	Alerta volcánica en EL Hierro	11.192
Octubre	<i>El País</i>	Prensa nacional	El riesgo de explosión crece	17.726
Noviembre	<i>Canarias 7</i>	Prensa autonómica	El posible islote "no saldrá a la superficie"	2.592
Diciembre	<i>La Provincia - Diario de las Palmas</i>	Prensa autonómica	Los geólogos piden cambios frente a las crisis volcánicas	1.574
<b>Total</b>				<b>146.260</b>



# Geólogos del Mundo

## *World Geologists*

GM utiliza la Geología para que las comunidades de países en desarrollo obtengan agua potable y puedan prevenir los desastres naturales, tales como terremotos, inundaciones, deslizamientos de tierras, etc.

Experiencia probada con 90 proyectos realizados a lo largo de 12 años, en Iberoamérica y África

**¿Podemos contar contigo?**



Sede Central  
C/ Raquel Meller, 7  
28027 Madrid  
Tel. 34 914 055 035

[geologosdelmundo@icog.es](mailto:geologosdelmundo@icog.es)  
[www.geologosdelmundo.org](http://www.geologosdelmundo.org)

## 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



# Mesas redondas del ICOG con los partidos políticos

Los partidos políticos han explicado en el Colegio de Geólogos sus programas sobre infraestructuras y medio ambiente previstos para la próxima legislatura

TEXTO | Manuel Recio, Europa Press

Como es habitual en la actividad del ICOG, cada vez que se acercan los periodos electorales de ámbito nacional, el Colegio se pone en contacto con los principales partidos políticos para que expliquen sus programas electorales en aquellos temas que más se relacionan con los campos de actividad de los geólogos españoles. Así, dentro de los programas del Colegio, se organizaron

dos mesas redondas: Infraestructuras y Medio Ambiente.

## Mesa Redonda sobre Infraestructuras

El 20 de octubre de 2011 pasará a la historia por varios motivos, los dos más relevantes son la muerte de Gaddafi y el anuncio de ETA del cese de la violencia. Pero, para la modesta trayectoria

del Colegio de Geólogos, también pasará a la historia por haber acogido una interesante y enriquecedora mesa sobre Infraestructuras, donde tres representantes políticos de PP, PSOE y UPyD expusieron sus iniciativas en este campo de actividad. En este contexto informativo de máxima tensión, y pasados unos minutos sobre las 19:30, hora anunciada para el comienzo, el salón de actos del Colegio se encontraba a rebosar (*figura 1*). Había mucha expectación por saber lo que iban a comentar los políticos.

En primer lugar, el moderador José Luis Barrera, vicepresidente del Colegio, introdujo a los ponentes y agradeció la presencia a todos los asistentes. Después dio la palabra a Luis Suárez, presidente del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, quien habló de la importancia de los geólogos en la planificación de las infraestructuras (*figura 2*). El presidente también aprovechó para recordar las propuestas que la Junta de Gobierno del ICOG envió a los distintos partidos políticos sobre la materia tratada.

Una de las afirmaciones del presidente, la referida a que los estudios geotécnicos mejoran la relación coste-beneficio de las infraestructuras, fue recogida por los tres representantes políticos. Otro de los puntos que tocó Suárez fueron los modificados de obra. A ese respecto comentó que "es necesario conocer el terreno antes de hacer cirugía sobre él y reducir así el coste de los modificados de proyecto".

A continuación, el moderador presentó a Alberto Camarero (*figura 3*), representante de UPyD y director del Departamento de Ingeniería Civil de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. En su exposición fue muy crítico con la falta de planificación de algunas infraestructuras. En ese sentido, criticó que la mayor parte de la inversión en infraestructuras de los últimos años se haya destinado a la alta velocidad, descuidando así el mantenimiento de la red de carreteras.

Camarero se mostró en contra de planificar las infraestructuras al servicio del clientelismo político. "En muchos casos, el esfuerzo inversor tiene que ver con intereses políticos", opinó. Se



Figura 1. Panorámica de la sala con los asistentes a la mesa redonda.



Figura 2. El presidente del ICOG, Luis E. Suárez, en el centro de la mesa.



Figura 3. Alberto Camarero.



Figura 6. Los participantes en la tertulia. De izquierda a derecha, Alberto Camarero, Rafael Simancas, Luis E. Suárez, Andrés Ayala y José Luis Barrera.



Figura 4. Andrés Ayala.



Figura 5. Rafael Simancas.

## Ayala criticó los bandazos que ha dado el Gobierno con respecto al AVE a Galicia, anunciando la licitación de las instalaciones sobre unas plataformas no aprobadas

mostró en desacuerdo con la gestión de los puertos como el de Gijón o La Coruña que han tenido que recurrir a préstamos ICO para garantizar su solvencia.

El representante de UPyD abogó asimismo por volver a tecnificar la política de obras públicas para ponerla al servicio del ciudadano. “Se han cargado a los técnicos de la Administración”, reveló. Camarero dijo que la alta velocidad tiene tarifas muy elevadas y que ha sido una inversión para una pequeña parte que puede costearse esa infraestructura. Finalmente expresó que no se deben descuidar los estudios geotécnicos del terreno, porque cuanto más se gaste en esos estudios, menor será el coste final de la obra.

Posteriormente, Andrés Ayala (figura 4), portavoz de la Comisión de Fomento e Infraestructuras del Grupo Popular y miembro de la Comisión Permanente del Congreso de los Diputados habló de cómo la crisis se ha cebado con las infraestructuras. Ayala comentó que en los últimos años la gestión del Gobierno en relación a las infraestructuras ha dejado mucho que desear, sobre todo por la caída de la licitación que, según sus datos en 2009, fue del 37% y, en 2010, del 60,4%.

En relación al corredor Atlántico y Mediterráneo, aprobados por la Unión Europea, Ayala comentó que era una noticia positiva, pero que España no debía renunciar a conseguir el mayor número de fondos de cohesión para financiar esas infraestructuras. Ayala criticó los bandazos que ha dado el Gobierno con respecto al AVE a Galicia, anunciando la licitación de las instalaciones sobre unas plataformas que no están aprobadas en los proyectos. Apostó también por incorporar la iniciativa privada a la financiación de los medios de transporte.

Para presentar al siguiente ponente, el representante del PSOE, el moderador, José Luis Barrera leyó una cita del libro que acababa de publicar Rafael Simancas, *Los restos de las infraestructuras del transporte en España*, donde hacía alusión —el autor— a la buena relación que le une a su adversario político Andrés Ayala.

Rafael Simancas (figura 5), portavoz de la Comisión de Fomento del Grupo Socialista en el Congreso de los Diputados, reconoció que a veces nos pierden las prisas a la hora de licitar obras y va en detrimento de la calidad del proyecto. En ese sentido se mostró partidario de pensar más en la calidad que en la cantidad.

En relación a los modificados de los proyectos —hecho denunciado por Luis Suárez en su introducción— comentó que aunque está en contra hay que reconocer que a veces son necesarios. Simancas fue contundente en defender a nuestras empresas y las calificó como las mejores del mundo actualmente.

Asimismo afirmó que invertir en infraestructuras es una buena inversión y consideró que es un error la paralización de las obras porque renunciar a un kilómetro de obra es renunciar a la dinamización de la economía.

El portavoz del PSOE recordó, a su vez, que España ha hecho un esfuerzo descomunal para



Figura 7. El presidente del ICOG, Luis E. Suárez, durante su intervención.



Figura 8. Hugo Morán.

actualizar todas sus infraestructuras en los últimos años y que ahora es más necesario optimizar lo construido que licitar obra nueva.

En relación al AVE, Simancas explicó que es importante llevar la alta velocidad a todos los territorios, a Galicia, a Extremadura, porque sirve para vertebrar el territorio. En ese sentido, sostuvo que Renfe paga una cuota a ADIF anualmente para amortizar la inversión.

Al acabar la exposición de los ponentes, se produjo un acalorado debate, donde pudieron participar muchos asistentes y salieron temas como la infravaloración que sienten los geólogos planteado por Luis González de Vallejo a lo que los tres representantes respondieron que iban a tenerlos en consideración. En esa línea, Andrés Ayala, del Partido Popular, admitió que en ocasiones les meten prisas a los profesionales como los geólogos para elaborar los estudios y eso no debería ser así.

Otro de los temas que salieron fue el traspase del Ebro y el Plan Hidrológico, las minas de mercurio de Almadén o la red ferroviaria española y su financiación. El debate se prolongó hasta pasadas las 22:15 de la noche pudiendo participar muchos de los asistentes.

Como colofón, los tres representantes coincidieron en destacar "la importancia de la geología en las infraestructuras" e hicieron suyas las palabras del presidente de Colegio de Geólogos, Luis Suárez, que dijo que "buenos estudios del terreno implican una mejor relación coste-beneficio de las infraestructuras".

Terminada la tertulia, los componentes de la mesa se hicieron la foto oficial (figura 6).

### Mesa redonda sobre Medio Ambiente

Tras la mesa sobre Infraestructuras del Transporte con la participación de tres partidos, PP, PSOE y UPyD, en esta ocasión el salón de actos del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos acogió la

Uno de los temas más polémicos fue el debate nuclear. PSOE e IU apuestan por cerrar las centrales nucleares, mientras PP y UPyD consideran que se debe contar con todas las energías

mesa redonda sobre Medio Ambiente con un representante político más, el de IU. El evento tuvo lugar el 26 de octubre, con una buena asistencia de colegiados y especialistas. Nuevamente, Luis Suárez, presidente del Colegio inauguró la mesa (figura 7), que fue moderada por José Luis Barrera, vicepresidente de la institución.

Uno de los temas más polémicos que salieron fue el debate nuclear. PSOE e IU apostaron por cerrar progresivamente las centrales nucleares españolas, mientras que PP y UPyD consideraron que el mix energético debe contar con todas las energías, incluida la energía nuclear.

Para Hugo Morán (figura 8), coordinador de Medio Ambiente y Desarrollo Rural del PSOE, no se puede cerrar los ojos a los riesgos no deseables que la energía nuclear produce en la población. En esa línea, aludió al accidente nuclear de Fukushima en Japón, ocurrido el 10 de marzo de 2011, que ha supuesto al país "una segunda crisis financiera" y calificó de "error estratégico" no medir los riesgos de las nucleares. Por ello, para Morán, "España debería prescindir de la energía nuclear de aquí a 2028".



Figura 9. José Luis Ordóñez.



Figura 10. Mª Teresa de Lara.



Figura 11. Yolanda Sánchez.

Para José Luis Ordóñez (figura 9), coordinador Federal de Medio Ambiente de IU, el cierre de las nucleares es “un paso previo y necesario” a la designación de un Almacén Temporal Centralizado (ATC). Postura que no comparte Yolanda Sánchez, del Grupo de Medio Ambiente y Energía de UPyD, quien considera que el emplazamiento del ATC debe decidirse ya. Además, para UPyD, la energía nuclear debe mantenerse en el mix energético pero informando claramente a la población del “riesgo coste-beneficio de esta energía”.

Por su parte, María Teresa de Lara (figura 10), portavoz de Cambio Climático del PP, coincide en la necesidad de que el mix energético integre todas las energías, “también la nuclear”, ya que las energías renovables “necesitan de una energía de respaldo”. En ese sentido, De Lara comentó que España es “el estado europeo más dependiente energéticamente”, siendo un 77% la energía exportada y un 23%, la autóctona.

En relación a la fiscalidad verde y el marco regulatorio estable para las renovables, el representante del PSOE, Hugo Morán, propuso una “fiscalidad verde” porque “los impuestos necesitan incorporar el factor medioambiental”. Esta fiscalidad debe ser transversal y aplicarse a todos los ámbitos. No obstante, el PSOE plantea aplicar tasas a dos tecnologías de generación de energía como son la gran hidráulica y la nuclear. Aunque para Morán la gran bolsa de ingresos de la política ambiental es “el ahorro y la eficiencia energética”.

Sin embargo, la portavoz del PP, María Teresa de Lara, criticó las medidas “improvisadas y demagógicas como repartir bombillas de bajo consumo o las pegatinas de 110 km/h”, del Gobierno y se mostró partidaria de un “plan estructural de eficiencia energética”. Para el PP, la eficiencia tiene que ver con “optimizar los recursos energéticos, la generación de empleo y mitigar el cambio climático”.



Figura 12. Los participantes en la tertulia. De izquierda a derecha, Yolanda Sánchez, M<sup>a</sup> Teresa de Lara, Luis E. Suárez, Hugo Morán, José Luis Ordóñez y José Luis Barrera.

Con respecto a las renovables, De Lara, aseguó que hace falta un “marco regulatorio estable”, que dé seguridad al sector y evite casos como la “burbuja fotovoltaica” donde, según De Lara, el Gobierno no coordinó las competencias de las comunidades autónomas.

Ambos partidos estuvieron de acuerdo en la conveniencia de promulgar una ley del cambio climático que agrupe la legislación dispersa sobre emisiones y las necesarias medidas económicas, sociales e industriales para la lucha contra este problema.

En materia de agua, para el PSOE es fundamental redactar una nueva Ley del Agua, porque la actual data de 1985, previa, por ejemplo, a los efectos del cambio climático. Según Hugo Morán, hay previsión de que “los recursos hídricos del país se reduzcan en un 30% en los próximos años”, por lo que se hace necesario “preservar el ciclo natural del agua”.

El PP apuesta por mantener “el principio de unidad de cuenca como eje prioritario de los planes hidrológicos” y anunció que no se contempla el trasvase del Ebro, “propuesto hace 16 años”, por una “cuestión económica”, no hay fondos europeos para realizarlo.

UPyD también considera prioritario “una única administración del agua desde el Estado para garantizar la unidad de cuenca” y criticó la “inadecuada gobernanza del agua, que genera más problemas”. Asimismo abogó por “acabar con la politización de las conferencias hidrográficas”.

Para IU, el agua es un “derecho humano y un bien público”, por lo que la unidad básica de gestión, la cuenca hidrológica, debería “garantizar” también la “participación ciudadana”.

Se habló de una gestión pública de los recursos naturales. En esa línea, el coordinador federal de IU, José Luis Ordóñez, manifestó que es necesaria una gestión pública de los recursos naturales,

para que “agua, energía, aire y suelo no se conviertan en mercancía”. Además propuso un modelo energético “descentralizado y público”.

UPyD, representada por Yolanda Sánchez (figura 11), por su parte, reclamó “competencias exclusivas del Estado en materia de medio ambiente” para evitar “intereses territoriales y partidistas”.

En relación al carbón, para María Teresa de Lara, del PP, dijo que “el carbón nacional es malo, es mejor el que importamos”; afirmación que no comparte Hugo Morán, del PSOE, que opina que “España debe ir prescindiendo del carbón de importación y potenciar el nacional”.

En su introducción, Luis Suárez, presidente del Colegio de Geólogos, definió la energía geotérmica como la “energía del ciudadano”, porque cada uno la puede instalar en su vivienda o empresa. En ese sentido todos los partidos se mostraron partidarios de apostar por esta energía limpia, ya que a parte de “reducir emisiones puede potenciar la economía”, según María Teresa de Lara.

De hecho, Hugo Morán, indicó que algunas de las propuestas del Colegio de Geólogos como un nuevo Plan Nacional de Cartografía Ambiental y los de la obligatoriedad de los mapas de riesgos en los PGOU estarán incluidas en su programa político.

Todos los ponentes fueron puntales y respetuosos con sus intervenciones por lo que hubo tiempo para un generoso debate donde intervinieron colegiados y algún miembro de la Junta de Gobierno del ICOG. En ese turno de preguntas aparecieron temas como la importancia de impulsar el sector forestal, la emisión de gases de efecto invernadero y el almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>.

Finalizado el coloquio, los componentes de la mesa se hicieron la foto oficial (figura 12).

# El ICOG en la XI Semana de la Ciencia de Madrid

TEXTO | Rubén Marcos. Europa Press

Desde la primera edición de la Semana de la Ciencia, el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) ha participado siempre en todas sus ediciones. La Comunidad de Madrid, a través de la Dirección General de Universidades e Investigación y de la Fundación madri+d para el Conocimiento pretende así involucrar a los ciudadanos en la ciencia y la tecnología.

En el año 2011, el ICOG programó dos tertulias sobre temas de mucha actualidad. La primera fue sobre el diseño sismorresistente en arquitectura, una carencia estructural que se vio claramente en los edificios colapsados del terremoto de Lorca del mes de mayo de 2011.

Para la segunda se eligió un tema de actualidad planetaria que será un grave problema para las instalaciones eléctricas y de comunicación de todo el mundo: las tormentas geomagnéticas del año 2012.

## Arquitectura sismorresistente

El 10 de noviembre se celebró en el salón de actos del ICOG, dentro del ciclo de Tertulias del Geoforo, una conferencia titulada "Arquitectura sismorresistente" a cargo del arquitecto irlandés, afincado en España, Patrick Murphy Corella, especialista en arquitectura sismorresistente (figura 1).

En su ponencia, Patrick Murphy hizo un repaso a los daños causados por el terremoto de Lorca del pasado 11 de mayo para mostrar los que, en su opinión, son los principales problemas a los que se enfrentan los arquitectos a la hora de diseñar edificios resistentes a sismos. Entre otros aspectos, el arquitecto (figura 2) destacó que en España es necesario un cambio de mentalidad a la hora de



Figura 1. De izquierda a derecha, Luis E. Suárez, Patrick Murphy y José Luis Barrera.

construir, especialmente en las zonas de mayor riesgo sísmico. En este sentido, Patrick Murphy recordó que España sigue construyendo según el modelo propuesto por Le Corbusier en 1914: una estructura independiente recubierta de los muros exteriores y la compartimentación interior. Un modelo que, a juicio de Murphy, plantea problemas de resistencia frente a los terremotos. "En arquitectura sismorresistente nos interesa conseguir una estructura con pilar fuerte y viga débil, justo lo contrario del modelo de Le Corbusier", explicó este experto.

Aunque el objetivo de toda arquitectura sismorresistente es lograr la máxima rigidez posible de la estructura, Murphy puntualizó que la introducción de la ductilidad permite abaratar costes de

construcción y lograr edificios capaces de sufrir daños no estructurales y recuperables durante un terremoto.

Repasando los efectos del terremoto de Lorca, Patrick Murphy explicó que en muchos edificios afectados se han constatado defectos en el diseño sismorresistente. Así, citó problemas de interacción entre elementos estructurales y no estructurales (vanos de ventanas junto a pilares, por ejemplo), gran rigidez de las plantas superiores mediante cerramientos frente a plantas bajas diáfanas que sufren más daños, presencia de elementos no estructurales mal anclados, como antepechos y pretiles, etc. Patrick Murphy y su equipo también identificaron en el terremoto de Lorca los



Figura 2. Patrick Murphy durante su intervención.



Figura 3. Nieves Sánchez Guitián preguntando durante el coloquio.



Figura 4. Panorámica de los asistentes.

problemas planteados por los semisótanos. En estos casos, la presencia de pilares cortos puede desembocar en la caída del edificio.

Por último, el experto en arquitectura sismorresistente apostó por dar un gran protagonismo a los geólogos en la determinación de las características del suelo donde se va a asentar las construcciones en zonas de riesgo sísmico, ya que el suelo puede amplificar o disminuir el efecto de un terremoto.

En el debate que siguió a la ponencia de Patrick Murphy, Luis Suárez, presidente del ICOG, mostró su preocupación porque la no obligatoriedad del visado para los estudios geotécnicos previos en proyectos arquitectónicos pueda conducir a una situación de falta de control que se traduzca, en el futuro, en nuevos problemas tras un terremoto. Además, el presidente del ICOG abogó por la creación de un Servicio Geológico Nacional que integre al Instituto Geográfico Nacional (IGN) y al Instituto Geológico y Minero (IGME) en un único organismo para facilitar la gestión de situaciones de emergencia y catástrofes naturales como el terremoto de Lorca o las erupciones volcánicas de la isla de El Hierro. Para ello, propuso seguir el modelo del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).

Los participantes en el debate también apuntaron la necesidad de renovar la normativa sismorresistente española aprovechando los conocimientos adquiridos tras el terremoto de Lorca. Por ejemplo, Nieves Sánchez (figura 3), vicepresidenta de la Federación Europea de Geólogos, apostó por tener en cuenta en la normativa la ubicación de las

fallas —algo que ahora mismo no se hace—, además del promedio de aceleración que se puede producir en un terreno concreto, dado que las fallas aumentan el efecto de los sismos.

La tertulia, que comenzó a las 19:30 h, terminó con la animada tertulia a las 22:00 h.

### La Tierra amenazada por las tormentas geomagnéticas

El 17 de noviembre se celebró en el salón de actos del ICOG la tertulia “2012: la Tierra amenazada por las tormentas geomagnéticas” a cargo del profesor Miguel Herraiz Sarachaga, catedrático de Física de la Tierra y director del Departamento de Geofísica y Meteorología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). La sala se encontraba llena de asistentes (unos 70), algunos de ellos alumnos de Físicas de la UCM (figura 4).

Al comienzo de este Geoforo, Miguel Herraiz hizo un breve recorrido por la historia de las tormentas geomagnéticas de gran envergadura y con repercusiones sobre la sociedad (figura 5). Así, el catedrático de la UCM citó el conocido Evento Carrington, una tormenta magnética sucedida en 1859, en la que se comprobó la relación que existía entre los fenómenos observados en el sol y las consecuencias posteriores que se producían en la Tierra, especialmente con repercusiones sobre la tecnología incipiente (líneas de telégrafo). “En 1923, mientras Marconi trabajaba en su sistema de transmisión por ondas electromagnéticas, observó que había problemas en las mismas cuando se producían tormentas solares”, describió Miguel Herraiz. En 1989 se produjo en Canadá y en parte de la Costa Este de Estados Unidos un gran apagón de luz consecuencia de una tormenta geomagnética. En 2003, otra tormenta geomagnética causó grandes pérdidas económicas, a pesar de que era la primera vez que se predijo este tipo de amenaza y fue posible paliar en parte sus efectos.

Miguel Herraiz explicó que el hecho de que sucedan estos acontecimientos en la Tierra se debe principalmente al flujo de energía que emite el sol y que llega a la Tierra en forma de radiaciones solares, pero también de materia. Este último fenómeno se conoce como “viento solar” y se produce continuamente, no sólo cuando hay

alta actividad solar. Las consecuencias de estas emisiones es que el viento solar entra en colisión con el campo magnético de la Tierra y provoca interrupciones en la magnetosfera del planeta.

Continuando con la exposición, el profesor Miguel Herraiz indicó que entre 2012 y 2013 será un periodo de máxima actividad solar. Sin las medidas de prevención adecuadas podrían producirse daños que equivaldrían a 30 veces los daños causados por el huracán Katrina solo en Estados Unidos. El catedrático de Física de la Tierra especificó que las tormentas geomagnéticas pueden causar graves daños a los sistemas de telecomunicaciones (especialmente en sistemas vía satélite) y en las redes eléctricas de la Tierra (provocando deficiencias en el servicio), llegando incluso a quemar los transformadores. Otra consecuencia es que estas tormentas geomagnéticas pueden afectar a la señalización de las vías ferroviarias, lo que podría provocar accidentes. Miguel Herraiz recalzó que este aspecto es especialmente peligroso “en las vías de alta velocidad”.

Pero no sólo existen peligros tecnológicos, sino que existen también posibles daños en seres vivos. Por ejemplo, las tormentas geomagnéticas pueden afectar a los animales que se sirven del campo magnético de la Tierra para la navegación, y que sin él se desorientan. “Por otro lado, puede causar efectos como posibles alteraciones en ciclos biológicos celulares básicos”, añadió el profesor de la UCM.

Para finalizar la conferencia, Miguel Herraiz manifestó la importancia de observar la actividad del sol, ya que permite anticipar los periodos de alta actividad solar y, por lo tanto, elaborar informes de alerta. Sin olvidar que las grandes empresas e instituciones deben tomar medidas preventivas, así como que cada ciudadano debe exigir que se tomen esas medidas. Miguel Herraiz rechazó el alarmismo alrededor del fenómeno de las tormentas solares, pero sí incidió en la necesidad de ser conscientes del riesgo real que presentan estos fenómenos, que pueden tener efectos perjudiciales para la sociedad y que, por lo tanto, hay que intentar prevenir.

El presidente del Colegio no pudo asistir a la tertulia y, en su lugar, le representó el secretario, Manuel Regueiro (figura 6).



Figura 5. Miguel Herraiz durante su intervención.



Figura 6. De izquierda a derecha, Manuel Regueiro, Miguel Herraiz y José Luis Barrera.

# VIII Congreso Ibérico de Geoquímica y XVII Semana de Geoquímica

TEXTO | Margarida Antunes. Coordinadora de CIGeoq2011



Figura 1. De izquierda a derecha, Rosario García, José Luis Barrera, Juan Llamas, Antonio Gutiérrez Maroto y Ángel Cámara.

En la Quinta de la Señora de Mércules, donde se encuentra la Escuela Superior Agraria del Instituto Politécnico de Castelo Branco (Portugal), se organizó y realizó, por primera vez, el VIII Congreso Ibérico de Geoquímica (CIGeoq2011) y la XVII Semana de Geoquímica. El Congreso se celebró del 24 al 26 de septiembre de 2011, 34 años después de que la primera edición de la Semana de Geoquímica se realizara en el Instituto Superior Técnico de Lisboa (Portugal), en 1977.

A lo largo de los años, bajo la supervisión de la Sociedad Geológica de Portugal, y a través de su Grupo de Geoquímica, este evento ha mantenido una periodicidad bianual, con una organización conjunta entre Portugal y España, celebrándose alternativamente entre los dos países. El último encuentro se celebró en septiembre de 2009, en la ciudad de Soria, organizado por el Colegio Oficial de Químicos de España.

En el comité organizador por parte española se encontraban como vocales de los Colegios Profesionales (figura 1):

- José Luis Barrera Morate (Colegio Oficial de Geólogos de España).
- Jesús Soriano Carrillo (Colegio Oficial de Geólogos de España), que no asistió al Congreso.
- Antonio Gutiérrez Maroto (Colegio Oficial y Asociación de Químicos de Madrid) y Rosario García Giménez (Colegio Oficial y Asociación de Químicos de Madrid).

- Juan Llamas Borrajo (Consejo Superior de Ingenieros de Minas de España).
- Ángel Cámara Gascón (Consejo Superior de Ingenieros de Minas de España).

Este evento reunió a un gran número de científicos-geólogos, ingenieros de minas y químicos, entre otros, principalmente portugueses, españoles y brasileños, que presentaron comunicaciones científicas bastante actuales e innovadoras, demostrando que la geoquímica se



Figura 2. Bateando en el río Tajo, una de las actividades que se realizan en el Parque Natural de Naturtejo.

proyecta más allá de la Península Ibérica. La numerosa participación de compañeros españoles y portugueses demuestra que existen condiciones para continuar con la organización de este evento, estrechando cada vez más los lazos entre la comunidad geoquímica ibérica. Además, la actualidad de los temas tratados y el elevado número de comunicaciones sobre la geoquímica ambiental y la geología médica son indicadores de que la comunidad geoquímica está atenta a los problemas ambientales y de la sociedad, y que la geoquímica es fundamental en la comprensión y respecto por la naturaleza. Actualmente, las nuevas tecnologías facilitan la realización de este tipo de congresos permitiendo el contacto casi en tiempo real entre la Comisión Organizadora y los congresistas.

## El programa

El CIGeoq2011 empezó con dos días intensivos de salidas de campo (24 y 25 de septiembre de 2011) que permitieron a los participantes conocer el Geopark Naturtejo de la Meseta Meridional (véase el artículo sobre el Geopark en este número de la revista), con sus particularidades geológicas y geomorfológicas, a las que se han asociado diversas actividades recreativas (figura 2) y gastronómicas regionales.

El programa científico comprendía varias sesiones:

- Geoquímica de los Procesos Endógenos.
- Geoquímica de los Procesos Hidrotermales.
- Geoquímica de los Suelos.
- Geoquímica Ambiental y Geología Médica.
- Geoquímica Isotópica.
- Métodos Analíticos en Geoquímica.
- Biogeoquímica.
- Hidrogeoquímica.
- Modelización en Geoquímica.
- Geoquímica y la Educación.
- Geoquímica Orgánica.

Las sesiones científicas tuvieron lugar entre los días 26 y 28 de septiembre de 2011, en la Escuela Superior Agraria del Instituto Politécnico de Castelo Branco, incluyendo cinco conferencias plenarias presentadas por científicos invitados de renombre internacional, provenientes de diversos países.

Se presentaron más de 110 comunicaciones científicas en las que se abordaron temas



Figura 3. Mesa presidencial en la apertura del Congreso.



Figura 4. Vista de la sala principal durante la inauguración del Congreso.



Figura 5. Los congresistas durante uno de los descansos.

de gran interés científico, como la geoquímica de ambiente primario y de ambiente secundario, su relación con la salud humana y la enseñanza, el desarrollo de métodos analíticos actuales y el tratamiento espacio-temporal de datos geoquímicos.

El acto de apertura se celebró en el salón de actos de la Escuela y estuvo al cargo del director de la misma (figura 3), con una concurrenada asistencia (figura 4). Muchas de las sesiones científicas se celebraron en este mismo salón, y los refrigerios de los descansos estuvieron muy bien atendidos por la cafetería de la Escuela, utilizando para ello el patio de la misma (figura 5).

La Comisión Organizadora del CIGeoq2011 realizó una sesión de homenaje a la profesora doctora Ana Margarida Ribeiro Neiva, por la importancia y relevancia de su actividad en la promoción y divulgación de actividades científicas en el ámbito de la geoquímica, tanto en los ambientes académicos como en los múltiples congresos celebrados en España y Portugal.

### Epílogo

La realización de este Congreso contó con diversos apoyos logísticos y personales, por lo que agradecemos encarecidamente a todos los que han contribuido en su realización, en especial a la Comisión Organizadora, Científica, Ejecutiva en la ESA/IPCB y al Secretariado.

A pesar del intenso programa científico, y porque nuestra historia está marcada por otros momentos, hubo tiempo para un buen programa social que permitió a los congresistas disfrutar de la ciudad de Castelo Branco y de la región.

Muchas gracias a todos, ¡valió la pena!

# La Asociación de Cuevas Turísticas Españolas (ACTE) recibe la Placa de Oro al Mérito Turístico 2011

El auditorio de Caixa Forum de Madrid sirvió de marco, el pasado día 3 de noviembre, para el acto de entrega de las Medallas y Placas al Mérito Turístico 2011

TEXTO | Rafael Pagés Rodríguez

Estas condecoraciones nacieron con el objeto de recompensar a las personas físicas, nacionales y extranjeras que hubieran prestado servicios extraordinarios al turismo, y premiar a las instituciones públicas o privadas, empresas e industrias por su destacada actuación a favor del fomento del turismo.

La asistencia al evento fue muy alta y el auditorio de Caixa Forum de Madrid completó todo su aforo. Por parte del ICOG asistieron el presidente, Luis E. Suárez, y el vicepresidente, José Luis Barrera.

El acto fue presidido por el ministro de Industria, Turismo y Comercio, Miguel Sebastián, que destacó la labor en favor del turismo de cada uno de los premiados, "cuyo trabajo y esfuerzo diario hacen que sea posible hablar de España como un destino líder en turismo; de ello dan buena cuenta los datos, ya que entre los meses de enero y septiembre de 2011 han llegado a España casi 46 millones de turistas internacionales, un 8% más que en 2010. Y, lo que es más importante, para el mismo periodo de referencia, el gasto total realizado por los turistas extranjeros acumuló un crecimiento interanual del 8,2%, fijando el gasto del periodo en 42.242 millones de euros, que supone una cifra récord histórico de la serie", afirmó Sebastián.

Tras las palabras del ministro, se procedió al acto de entrega de las condecoraciones a todos los premiados, un conjunto de personas e instituciones realmente destacado en el ámbito del turismo, pero también de la cultura, el deporte y la empresa.

## Medallas al Mérito Turístico

- **Jesús Atienza Serna**, cónsul general de España en Moscú.
- **Domènec Biosca Vidal**, presidente de la Asociación de Expertos en Empresas Turísticas y de la Asociación Catalana de Periodistas y Escritores de Economía y Turismo.
- **Vicente del Bosque González**, seleccionador de la selección española de fútbol.
- **Joan Molas Marcellés**, presidente de la Confederación Española de Hoteles y Alojamientos Turísticos (CEHAT).



Fotografía oficial de todos los premiados.

- **Taleb Rifai**, secretario general de la Organización Mundial del Turismo.
- **Francesc Solé Parellada**, propietario desde 1972 del restaurante 7 Portes de Barcelona, un establecimiento que este año cumple 175 años.
- **Pedro Trapote Avencilla**, propietario de la discoteca Pachá, la chocolatería San Ginés y, desde hace 30 años, de la discoteca Joy Eslava.

## Placas al Mérito Turístico

- **El Patronato de la Alhambra y Generalife.**
- **Repsol**, por la Guía Repsol.
- **La Asociación de Cuevas Turísticas Españolas (ACTE).**

ACTE, asociación que reúne a 36 cuevas y minas turísticas, muchas de ellas declaradas Monumentos Naturales y otras muchas declaradas Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, ha destacado por su labor en la promoción del turismo subterráneo y el fomento de un uso sostenible de las cuevas turísticas.

En representación de los premiados tomó la palabra el presidente de ACTE, el geólogo Juan José Durán Valsero, que agradeció en nombre de todos, al Consejo de Ministros y especialmente al ministro Sebastián y a Joan Mesquida Ferrando, secretario general de Turismo y Comercio Interior, la concesión de las placas y medallas. Después hizo un recorrido por la trayectoria de todos los condecorados y señaló lo bonito del momento que supone que, tras trabajar durante años colectiva, calladamente y sin esperar nada a cambio, la labor haya sido reconocida, valorada y finalmente premiada.

## ¿Qué es ACTE?

Con objeto de representar y aunar los esfuerzos de las cuevas turísticas, nació en 1997 la Asociación de Cuevas Turísticas Españolas (ACTE), que en la actualidad reúne a 34 cuevas turísticas repartidas por toda la España peninsular, Baleares y Canarias.

ACTE es una joven y activa asociación, que tiene entre sus fines la promoción del turismo subterráneo, el fomento de la conservación y el uso sostenible de las cuevas turísticas, además del impulso y la realización de todo tipo de estudios y trabajos técnicos y científicos, que contribuyan al conocimiento y a la promoción del mundo subterráneo.

ACTE, además de representar a sus cuevas asociadas, tanto a nivel nacional como internacional, realiza una importante labor para el desarrollo y el impulso del sector turístico, contribuyendo de una forma decidida a la mejora de la calidad de las cuevas en explotación, mediante la organización de cursos y congresos; así mismo, realiza tareas de asesoramiento a las cavidades que inician su proceso de habilitación para las visitas turísticas, estableciendo las pautas que garanticen la conservación de los valores naturales y patrimoniales de las cuevas.  
acte@cuevasturisticas.es



El geólogo Juan José Durán recibe el premio de manos del ministro Sebastián.

# XVII Premio San Viator de Investigación, Colegio San Viator Madrid

José Antonio Marina: "Investigar es una de las tareas más apasionantes y divertidas que uno puede hacer en la vida"



Panorámica del salón de actos con la mesa presidencial.

El sábado, día 8 de octubre, a las 11:00 h, el salón de actos del Colegio San Viator de Madrid se llenó de jóvenes investigadores, con sus profesores, directores de colegio y familiares, provenientes de todos los puntos geográficos de nuestro país. Eran los estudiantes y profesores galardonados en la XVII edición del Premio San Viator de Investigación.

El Colegio San Viator, colegio concertado de la Comunidad de Madrid, siempre ha estado preocupado por mejorar la calidad de la enseñanza de su alumnado, no limitándose a la mera impartición de los contenidos curriculares, sino a proporcionar una educación integral a sus alumnos y alumnas. Es por ello que el colegio ha impulsado, desde siempre, programas en los que los alumnos sean los protagonistas principales de su propia educación, convirtiéndose en constructores de su propia personalidad y, en definitiva, de su futuro.

En este ámbito surge el Premio San Viator de Investigación en Ciencias y Humanidades. La idea original, nacida hace ya 17 años, buscaba potenciar la "pequeña investigación" que los alumnos de BUP y COU pudieran realizar, complementando



José Luis Barrera, José Antonio Marina, Manuel Regueiro y Jesús Martínez Frías (de izda. a dcha.).

los contenidos de las distintas asignaturas, tanto de Ciencias como de Humanidades. Se pensó que plantearlo en forma de premio podía estimular a los alumnos a participar con proyectos de investigación de calidad. Así, al principio, el certamen se circunscribió a Madrid, apoyado por algunas instituciones y empresas más o menos cercanas al colegio. Al mismo tiempo, el jurado se formó a partir de antiguos alumnos del centro, situados en ámbitos profesionales variados que iban desde la universidad a la empresa.

A partir de la II edición, tanto el propio Colegio como los miembros del jurado, empezaron a ver que la idea tenía suficiente potencial como para extenderla al resto del Estado. En dos años más, tuvimos la grata sorpresa de comprobar que se había consolidado, de manera definitiva, ya que llegaron proyectos de investigación, prácticamente de todas las comunidades del Estado. A ello contribuyó especialmente el hecho de que, desde el principio, esta modesta utopía contó con el apoyo del Ministerio de Educación y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), apoyo que se ha mantenido siempre independientemente de los cambios políticos que ha habido en estos 17 años.

## La XVII edición

El acto de entrega de galardones fue presidido este año por el eminente escritor y filósofo D. José Antonio Marina, quien dedicó unas acertadas palabras a todos los presentes, entre las que destacaron las que titulan este artículo: "Investigar es una de las tareas más apasionantes y divertidas que uno puede hacer en la vida". Su mensaje caló tanto de los jóvenes investigadores, como del resto de la concurrencia, cuando ilustró este tema hablando de sus investigaciones "sobre la inteligencia y la longevidad de sus gallinas"<sup>1</sup>. Acompañándole en la Mesa de Presidencia estaban representantes de las principales entidades colaboradoras y patrocinadoras:

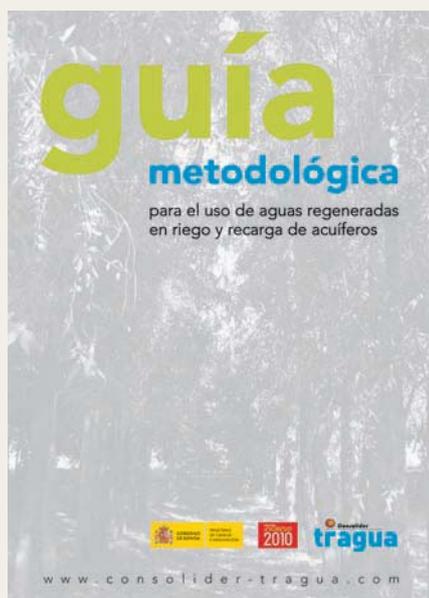
- **D. Juan José de Damborenea González.** Vicepresidente Adjunto de Áreas Científico-Técnicas del CSIC. Presidente del Jurado del Premio San Viator de Investigación.
- **Dña. Lourdes Arana Uli.** Directora General de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), Ministerio Ciencia e Innovación.

- **D<sup>a</sup>. Mar Jiménez López.** Jefa de Área de Formación del Profesorado del Instituto de Formación del Profesorado, Investigación e Innovación Educativa del Ministerio de Educación.
- **D. Ismael Sanz Labrador.** Subdirector General de Evaluación y Análisis. Consejería de Educación. Comunidad de Madrid.
- **D<sup>a</sup>. Coral Barbas Arribas.** Vicerrectora de Investigación. Universidad San Pablo-CEU.
- **D. Emilio Olías Ruiz.** Catedrático y director de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III.
- **D. Álvaro J. García Tejedor.** Director del Centro de Innovación Experimental del Conocimiento. Universidad Francisco de Vitoria.
- **D<sup>a</sup>. Victoria Salvador Durantes.** Responsable Área de Educación y Formación de la Fundación REPSOL.
- **D<sup>a</sup>. Laia Moreno Maillo.** Responsable Área de Formación e Investigación de la Fundación ICO.
- **D<sup>a</sup>. Carmen Caballero Hernando.** Directora de Convenios España, Santander Universidades.
- **D. Jaume Vicens Barceló.** Director Editorial Vicens Vives.
- **D. Carlos Moreno Robles.** Director General del Colegio San Viator.

Por parte del ICOG asistieron su vicepresidente, José Luis Barrera, el secretario, Manuel Regueiro, y el miembro del jurado Jesús Martínez Frías. El Colegio patrocina el Premio Futuros Geólogos, siendo el ganador este año Joaquín Ruíz Bernal (alumno de 2º de Bachillerato) de Jumilla, orientado por el profesor Rafael González Valcárcel al trabajo titulado "Sismología y vulcanismo en el sureste peninsular".

La participación, tanto de jóvenes investigadores como de centros docentes, se ha incrementado en esta edición respecto a los ya elevados niveles del año anterior. En esta se han recibido 485 proyectos de investigación (más de un 20% de incremento), procedentes de 323 institutos o colegios de todas las comunidades del Estado (destacando la incorporación de 27 centros diferentes a los de ediciones anteriores). De ellos, de Ciencias han llegado el 43% y de Humanidades el 57% del total. El número total de estudiantes y profesores participantes ha sido, aproximadamente, de 1.650.

1. El discurso completo, así como el resto del acto académico, se puede ver en Internet en la página web del certamen ([www.colegiosanviator.es/premio](http://www.colegiosanviator.es/premio)).



## Guía metodológica para el uso de aguas regeneradas en riego y recarga de acuíferos

Como resultado de los trabajos llevados a cabo en el Programa Consolider-Tragua, ha sido editada una *Guía metodológica para el uso de aguas regeneradas en riego y recarga de acuíferos* (de acceso libre en el vínculo <http://www.consolider-tragua.com/1280.htm>).

Se trata de un manual escrito con vocación práctica donde se recogen indicaciones conducentes a un desarrollo de estas prácticas con mayores garantías respecto a la propia reutilización y al medio natural. La guía recoge los aspectos de obligado cumplimiento establecidos en la legislación y recomendaciones que van más allá de la misma.

Está dirigida a usuarios y técnicos de la reutilización de aguas regeneradas y los contenidos se estructuran en: Introducción, Procedimientos comunes, Procedimientos específicos, Evaluación de impacto ambiental, Marco legal y procedimientos administrativos y referencias. Además, se incluyen varios anexos con datos prácticos de utilidad.

Título: Guía metodológica para el uso de aguas regeneradas en riego y recarga de acuíferos

Autor: Albert Casas; Josefina Tapias, Irene de Bustamante, José Antonio Iglesias, Ángel de Miguel, Javier Lillo, María Leal, Lucila Candela, M<sup>º</sup> del Carmen Cabrera, Pino Palacios, Juan José Salas e Isabel Martín, con la colaboración de Jordi Mas  
ISBN: 978-84-694-9257-4  
Páginas: 52

## Explotaciones de áridos. Optimización técnica y económica

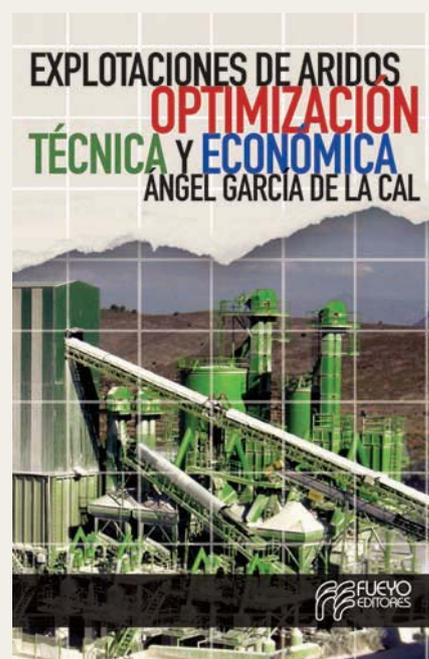
La editorial Fueyo Editores vuelve a lanzar un manual enfocado al sector de las explotaciones de áridos. El libro, titulado *Explotaciones de áridos. Optimización técnica y económica*, ha sido escrito por Ángel García de la Cal, un ingeniero que estuvo más de 20 años en la multinacional Tarmac desempeñando labores de director de producción, director de operaciones, miembro del comité ejecutivo de dirección, etc.

Este manual consta de tres partes bien diferenciadas: la primera está encaminada a conocer la forma de realizar un control de gestión en una explotación de áridos, incluyendo el desglose de costes y cálculo del stock. También se desarrolla la forma de calcular las inversiones y su rentabilidad. Finalmente, se dedica un capítulo a los indicadores de gestión más importantes utilizados en una cantera o gravera, prestando especial atención a los relacionados con la productividad.

La segunda parte está enfocada al conocimiento del funcionamiento de la maquinaria de la instalación, los parámetros de trabajo, los sistemas para mejorar el rendimiento y la optimización de las operaciones en la planta de tratamiento (trituración, clasificación, lavado, etc.).

El tercer apartado está dedicado a la maquinaria móvil, a los sistemas de explotación, y a los métodos, el cálculo de costes y las recomendaciones para optimizar los trabajos en la explotación.

Todo el libro está documentado con ejemplos realizados con datos reales.



Título: Explotaciones de áridos. Optimización técnica y económica

Autor: Ángel García de la Cal  
ISBN: 978-84-939391-0-6  
Páginas: 500  
Precio: 52 €

## Normas de publicación

### Principios generales

- Los artículos deberán ser originales, estar escritos en castellano y no estar publicados en ninguna otra revista.
- El comité editorial revisará los manuscritos y decidirá su publicación o devolución.

### Texto

- Se entregará en un archivo Word, en cualquier tipo y tamaño de letra.
- Para calcular la extensión se informa de que 800 palabras son una página editada de la revista.
- Todas las ilustraciones (mapas, esquemas, fotos o figuras) y tablas serán referenciadas en el texto como (figura...) o (tabla...).
- Las referencias bibliográficas dentro del texto se harán siempre en minúscula.

### Tablas

Toda información tabulada será denominada "tabla" y nunca "cuadro".

### Figuras

- Todas las ilustraciones se considerarán figuras.
- Las figuras se reseñarán dentro del texto como (figura...).
- Es recomendable una o dos figuras por cada 800 palabras de texto.
- El tamaño digital de todas las figuras deberá ser > de 1 mega.
- NO SE ADMITEN ILUSTRACIONES DE INTERNET, salvo casos excepcionales.
- Cada figura se entregará en un archivo independiente.
- Los pies de figura se incluirán en una página independiente dentro del archivo de texto.

### Estructura del artículo

- Los artículos tendrán un **título**, seguido de un **post-título** (entradilla, a modo de resumen).

Detrás se pondrá el nombre del autor/es, con la titulación que tenga, y a continuación se incluirán **palabras clave** (entre tres y cinco). Al final del artículo podrán incluir **agradecimientos**.

- El texto general estará dividido en epígrafes, pero NUNCA se comenzará poniendo la palabra "Introducción".

### Bibliografía

Las referencias bibliográficas se reseñarán en minúscula, con sangría francesa, de la siguiente manera:

Barrera, J. L. (2001). El institucionista Francisco Quiroga y Rodríguez (1853-1894), primer catedrático de Cristalografía de Europa. *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, (40-41): 99-116.

El nombre del autor presentará primero su apellido, poniendo sólo la inicial en mayúscula, seguido de la inicial del nombre y del año entre paréntesis, separado del título por un punto.

Los titulares de artículos no se pondrán entre comillas ni en cursiva. Los nombres de las revistas y los títulos de libros se pondrán en cursiva.

### Envío

Los manuscritos se remitirán por correo en un CD o por correo electrónico a:  
*Tierra & Tecnología*, Colegio Oficial de Geólogos:  
C/ Raquel Meller, 7, 28027 Madrid.  
Tel.: + 34 915 532 403  
icog@icog.es

### Copias

Los autores recibirán un PDF y varios ejemplares de la revista completa. Se devolverán los materiales originales.





**ILUSTRE COLEGIO  
OFICIAL DE GEOLOGOS**



# AVANCE

## CALENDARIO CURSOS 2012

# ESCUELA DE GEOLOGÍA PROFESIONAL

## FORMACIÓN PRESENCIAL



### XXIV Curso de Homologación de Especialistas en control y calidad de Balasto

*Coordinador - Luis Eugenio Suárez*

**Del 7 al 9 de marzo**

### II Curso práctico de ArcGis

*Coordinador - Roberto Rodríguez Fernández*

**Del 21 al 25 de mayo**

### IV Curso de Geotermia Somera aplicada a la edificación

*Coordinadores - Rafael Varea y Manuel Regueiro*

**Del 7 al 9 de noviembre**

### I Curso práctico de Modelización Geológica 3D con Geomodeller

*Coordinador - Roberto Rodríguez*

**Del 12 al 15 de marzo**

### IV Curso de Interpretación de Ensayos de Bombeo

*Coordinadores - Marc Martínez y Carlos Martínez*

**Del 16 al 17 de mayo**

### Jornadas de Ingeniería Geológica y Geotécnica de Infraestructuras de Taludes

*Coordinadores - ICOG, AIGE Y CEDEX*

**Del 27 al 29 de noviembre**

## CURSOS DE TÉCNICO SUPERIOR EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. ESPECIALIDAD DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO

(Cursos GRATUITOS subvencionados por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio)

**ASTURIAS** - Del 15 al 17 febrero    **ARAGÓN** - Del 7 al 9 de marzo    **SEDE CENTRAL** - Del 21 al 23 de marzo / Del 18 al 20 de abril

## FORMACIÓN ON LINE



### III Curso de Legislación Aplicada a la Gestión Geológica

*Coordinador - Luis Eugenio Suárez*

**Del 13 de febrero al 25 de mayo**

### II Curso de Sondeos Geotécnicos e Investigaciones In Situ

*Coordinador - Luis Eugenio Suárez*

**Del 13 de febrero al 25 de mayo**

**DESCUENTOS** especiales para:

Colegiados en **ACTIVO**

Colegiados en **DESEMPLEO** y  
estudiantes

Las fechas indicadas en este calendario son susceptibles de una posible modificación por razones organizativas

 C/ Raquel Meller, 7 - Local 28027 Madrid

 91 553 24 03

 91 405 50 35

 [icog@icog.es](mailto:icog@icog.es)

 [www.icog.es](http://www.icog.es)

# Colegio Oficial de Geólogos

Creando contigo la Geología Profesional

**Colegiación • Visado • Asesoría • Títulos Profesionales •  
Formación • Bolsa de empleo • Jornadas técnicas •  
Tertulias • Revista Tierra y tecnología**

**www.icog.es**



BARCELONA BILBAO MADRID OVIEDO ZARAGOZA

icog@icog.es - + 34 915 532 403

Es miembro de:

Federación Europea de Geólogos • Unión Profesional  
Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra



ICOG