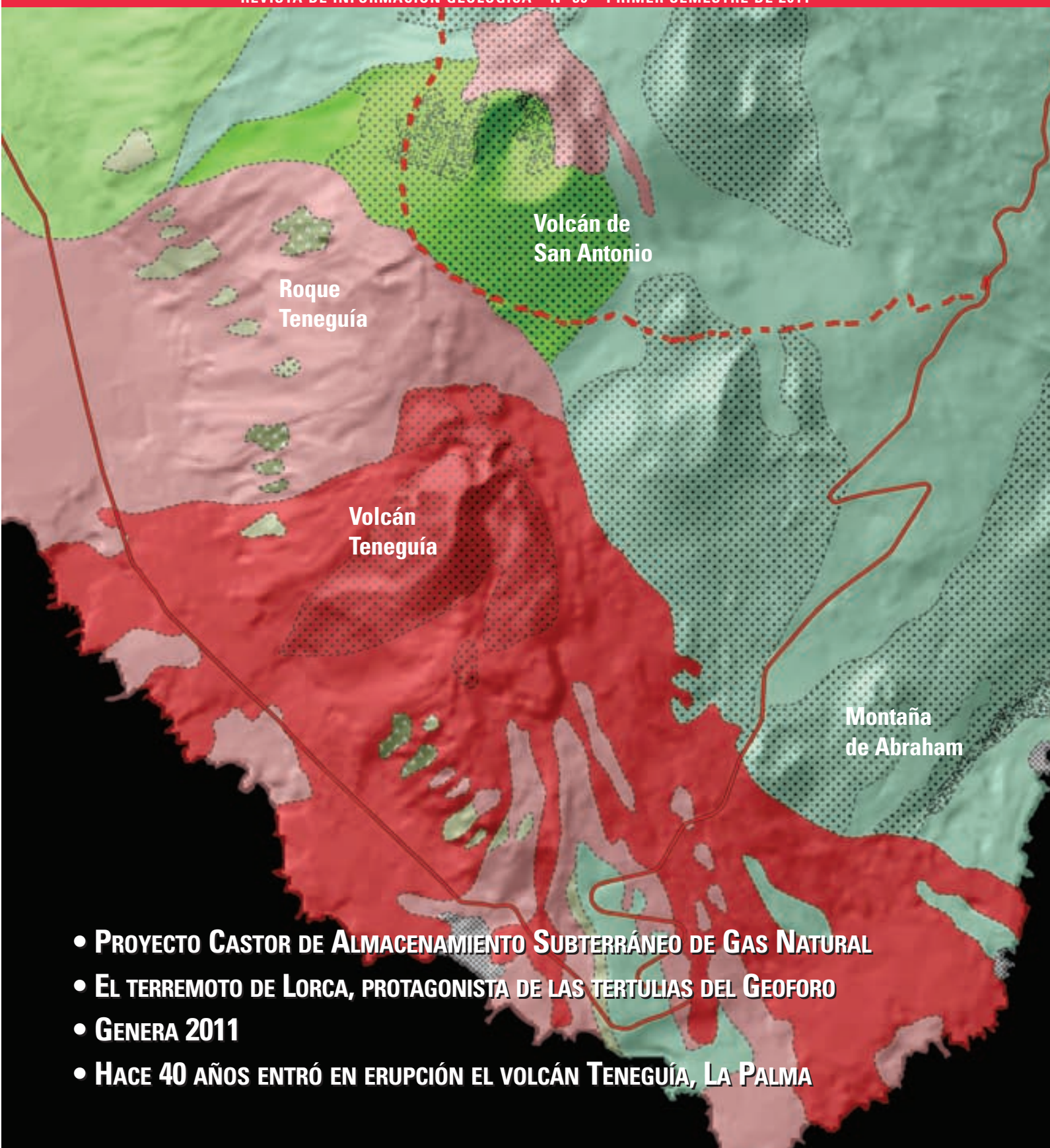




Ilustre Colegio
Oficial
de Geólogos

Tierra y Tecnología

REVISTA DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA • Nº 39 • PRIMER SEMESTRE DE 2011



- **PROYECTO CASTOR DE ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO DE GAS NATURAL**
- **EL TERREMOTO DE LORCA, PROTAGONISTA DE LAS TERTULIAS DEL GEOFORO**
- **GENERA 2011**
- **HACE 40 AÑOS ENTRÓ EN ERUPCIÓN EL VOLCÁN TENEGUÍA, LA PALMA**

Por ser del Ilustre Colegio
Oficial de Geólogos
**Tienes Condiciones
excepcionales
en Mutua Madrileña**

“MM MUTUA MADRILEÑA”

Seguro de auto

hasta un
50%
de descuento

y todas las ventajas de Autoclub:

- Recuperación de puntos.
- Asistencia en carretera.
- Multas.
- Revisión gratuita.
- Descuentos en talleres.



y además
este GPS
de regalo

Facilita el **Código Colectivo D0076000**
llamando al **902 140 555**
para **beneficiarte de los descuentos**
de **Mutua Madrileña**.



**REVISTA DE INFORMACIÓN
GEOLÓGICA**
Nº 39 • PRIMER 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

MAPA GEOLÓGICO DE LA ERUPCIÓN DEL TENEGUÍA
(ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS
DEL IGME-GRAFCAN))

Sumario

- 2 • EDITORIAL
- 3 • PROYECTO CASTOR DE ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO DE GAS NATURAL
- 9 • EL TERREMOTO DE LORCA, PROTAGONISTA DE LAS TERTULIAS DEL GEOFORO
- 14 • GENERA 2011
- 20 • EL ARTE DE ESCULPIR EL PLANETA: LA GEOLOGÍA Y EL ‘LAND ART’
- 24 • LA MÚSICA DE LAS ESTRELLAS
- 28 • ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO VOLCANOLÓGICO DEL PARQUE NATURAL DE LA ZONA VOLCÁNICA DE LA GARROTXA
- 35 • EL PITÓN OFÍTICO DE CABEZO NEGRO
- 40 • LA EXPLOTACIÓN DE LA PIZARRA EN GALICIA Y SUS IMPACTOS AMBIENTALES
- 43 • BREVE HISTORIA: LOS CONGRESOS NACIONALES E IBÉRICOS DE GEOQUÍMICA
- 52 • HACE 40 AÑOS ENTRÓ EN ERUPCIÓN EL VOLCÁN TENEGUÍA, LA PALMA
- 56 • LOS GEOLODÍAS
- 60 • II OLIMPIADA ESPAÑOLA DE GEOLOGÍA
- 62 • LOS MAPAS DE GALICIA EN RELIEVE DE ISIDRO Y SALVADOR PARGA PONDAL
- 67 • EL COLEGIO DE GEÓLOGOS EN LA WEB 2.0
- 68 • ACTO DE ENTREGA DEL I PREMIO INTERNACIONAL ALFONSO XII A LA EXCELENCIA EN EL MUNDO SUBTERRÁNEO
- 70 • GEÓLOGOS SÉNIOR DEL ICOG CREAN UNA PLATAFORMA PARA TRABAJAR POR LA GEOLOGÍA: GEOSÉN
- 71 • RECENSIONES

Los geólogos también estamos indignados

Hemos visto con expectación el movimiento ciudadano que se confiesa y manifiesta indignado. Si repasamos la historia, indignados los ha habido siempre, pero en los momentos actuales se les oye más. Ahora, las redes sociales son potentes altavoces que congregan en poco tiempo a miles de ciudadanos descontentos con muchos aspectos sociales o políticos, y motivos para movilizarse, en ocasiones, ciertamente los hay. Vean si no la revolución del mundo árabe en el Mediterráneo.

Pues bien, los geólogos también estamos indignados. Realmente llevamos muchos años indignados y, al ritmo que van los cambios en España, nos queda todavía recorrido. Cuando uno cree que las autoridades e instituciones de gobierno ya han comprendido ¡por fin! quiénes somos los geólogos y a qué nos dedicamos, van éstas y nos sorprenden con decisiones que demuestran su ignorancia —la ignorancia no conoce fronteras, que decía un amigo mío— o, por qué no, su obstruccionismo a favor de otros. Todo ello en unos tiempos en que, según dicen los gobernantes, se pretende aumentar la libertad de competencia profesional. En España, eso no es así, ¡qué falacia! Se siguen privilegiando a ciertos colectivos o situaciones, en perjuicio de profesiones “jóvenes” que molestan. Sí, parece que, en ocasiones, los geólogos molestamos. La situación aquí es más patética si la comparamos con lo que ocurre con los geólogos en otros países. Pero, ¿por qué tenemos que explicar todos los días lo que hacemos y qué utilidad tiene? ¿Por qué tenemos que estar todo el día recurriendo a los tribunales que, dicho sea de paso, nos dan prácticamente siempre la razón? Como decía antes, la ignorancia es una de las causas de esta situación tan inconcebible en un país democrático y tan moderno (?). Pero no nos extrañe, con el poco caso que se hace a los contenidos geológicos en la enseñanza secundaria, el resultado final es éste: ciudadanos y gobernantes (que es lo peor) con una dosis de ignorancia elevada y con una falta de cultura geológica importante.

No crean que digo todo esto sin argumentos, porque argumentos hay muchos, y si no, vean y juzguen por ustedes mismos.

Ayuntamiento de Tres Cantos. Convoca a finales del año 2010 una plaza de técnico de Medio Ambiente y entre las titulaciones exigidas hay varias como, lógicamente, titulado en Medio Ambiente, pero no está la de geólogo. Ya saben, los geólogos no tenemos nada que ver con el medio ambiente. El ICOG recurre la convocatoria y escucha de un funcionario, por supuesto antes de la sentencia, que “los licenciados en Medio Ambiente y en Geología son los mismos” (sic). Qué hacemos, le pegamos, le echamos de su puesto por ignorante o acabamos en los tribunales. ¿Es normal tanto desatino? Pues eso, los geólogos fuimos a los tribunales y, como era de esperar, nos dieron la razón, en julio de 2011, diciendo que: “los geólogos poseen conocimientos, técnica y capacidad en materia medioambiental. Tal capacidad habilita a los geólogos para tomar parte en los procesos selectivos de técnicos de medio ambiente”. El juzgado señala que: “la exclusión

de los geólogos supone una vulneración de los principios constitucionales de igualdad y de capacidad que deben regir en el acceso a la función pública”. Al final, el juzgado ha obligado al Ayuntamiento a dictar un nuevo Decreto que permita la participación de los licenciados en Ciencias Geológicas. Pero... ¿para una cosa tan elemental, que es de cultura general, hay que recurrir a los tribunales?

En esa línea, para una plaza similar convocada por el ayuntamiento de Guadalajara, previa presentación de un recurso administrativo por el ICOG, este ayuntamiento ha vuelto a convocar la plaza en el Boletín Oficial autonómico admitiendo que los geólogos pueden presentarse a una plaza de técnico de Medio Ambiente.

¿Quieren otro caso?, pues lean. En el párrafo tercero del preámbulo del borrador del Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, presentado en 2011, se incluía el concepto de geodiversidad dentro del de biodiversidad. Y todo, después de que el ICOG logró que se incluyera, con muchos esfuerzos, el concepto de geodiversidad en la ley del mismo título promulgada en 2007. A pesar de ello, dicen que la geodiversidad se puede considerar incluida en la biodiversidad. El Colegio, al que le pareció sorprendente tal decisión, alegó que ambos conceptos, aunque relacionados, tienen su propio significado, tanto desde el punto de vista técnico, como del estrictamente científico, no pudiéndose utilizar uno en sustitución del otro. Al final, con buen criterio, el Ministerio de Medio Ambiente rectificó y separó ambos conceptos. Fue una decisión muy acertada. y esperemos, perdurable.

Por último, todos recuerdan el grave terremoto de Lorca del pasado 11 de mayo y el debate que se desató con motivo de los graves daños ocasionados. Los geólogos nos posicionamos en el lado de la prevención diciendo, entre otras cosas, que era inaudito que no se tuviera un plan de ordenación territorial que previniera este tipo de riesgos. También salió a la luz la necesidad de revisar la Norma Sismorresistente, para cuya labor de redacción se ofreció generosamente el ICOG. Nuestras declaraciones bien intencionadas, sin herir a nadie, las recogieron repetidamente los medios de comunicación. ¡Madre mía, la que se lió! El Colegio de Arquitectos de Murcia, en unas jornadas sobre el terremoto que celebró a comienzos del mes de junio, manifestó que “¿dónde estaban los geólogos hace 20 o 30 años cuando se creó y modificó la normativa relacionada con la seguridad de los edificios en los terremotos? Si tenían tanta idea brillante por qué no la expusieron en su momento”. En aquella época, claro que había un representante del IGME en la Comisión de la Norma Sismorresistente, era un ingeniero de minas. El problema no es que fuera ingeniero, sino que lleva fallecido siete años y su puesto en la Comisión no se ha renovado.

Pues eso, que los geólogos parece que molestamos y, por esa razón, estamos indignados.

Proyecto Castor de Almacenamiento Subterráneo de Gas Natural

El proyecto Castor, promovido por la empresa ESCAL UGS, S.L., participada por la española ACS (67%) y la canadiense Castor Limited Partnership (33%), tiene como objetivo convertir el antiguo campo petrolífero Amposta, frente a la costa de Vinaròs (Castellón) en el Mediterráneo y explotado por un consorcio de compañías liderado por Shell entre 1973 y 1989, en el mayor almacenamiento subterráneo de gas natural de España. Actualmente, tras un largo periodo de maduración, el proyecto está en un avanzado estado de construcción, prevista la primera inyección de gas para el mes de mayo de 2012.

TEXTO | Carlos Barat Vinacia, geólogo (colegiado nº 2038). Director general adjunto y director del Área de Subsuelo de ESCAL UGS, S.L.

Palabras clave
Proyecto Castor, almacenamiento subterráneo, gas

El yacimiento/almacén Castor está constituido por una trampa estructural, tipo *horst* o bloque elevado, sellado por más de 1.700 m de materiales finos, principalmente arcillas miocenas (Grupo Castellón) y pliocenas (Grupo Ebro). Litológicamente se trata de una caliza del Cretácico inferior (Formación Caliza de Montsià) sin porosidad primaria y con una porosidad secundaria de tipo kárstico bien desarrollada e interconectada (se han identificado cavernas abiertas de orden métrico) que proporciona alta movilidad de los fluidos en su interior. El acuífero subyacente presenta una alta actividad, manteniendo la presión dentro de un rango que permite el mantener la capacidad máxima de extracción durante la mayor parte del ciclo de extracción (tipo *water drive*). Estas características geológicas proporcionan al almacenamiento Castor una alta capacidad de almacenamiento de gas útil o de trabajo (1,3 bcm [$1\text{bcm}=1000\text{ Mm}^3\text{ (N)}$]), y una alta capacidad de extracción (25 $\text{Mm}^3\text{(N)/día}$).

El diseño de las instalaciones, parte en tierra y parte en el mar, garantiza un máximo aprovechamiento de las excepcionales propiedades de la estructura geológica.

Contexto energético español

España carece de yacimientos de hidrocarburos, dependiendo energéticamente del exterior. Desde los años noventa, el aumento de la demanda de energía ha supuesto una disminución del grado de autoabastecimiento hasta un mínimo del 20%, en 2004. El incremento de la utilización de energías renovables desde entonces ha invertido esta tendencia que, además, desde 2008 se ha visto favorecida por la caída de la demanda, alcanzando en 2010 el 25,7%. El consumo de energía final en 2010 se incrementó en un 2,3% con respecto a 2009, siendo los productos petrolíferos la principal fuente energética (48,4%)

pero experimentándose una notable subida de la contribución de las energías renovables 5,4% (un 11,3% más que en 2009), del gas 16,6% (un 13,2% más que en 2009) y del carbón 1,7% (18,6% superior a 2009); por último, la electricidad contribuye con un 21,4%. Se mantiene el objetivo de que en 2020 el 20% de la energía final provenga de energías renovables.

La generación eléctrica en 2010 se incrementó un 1,3% con respecto a 2009. El carbón contribuye con un 8,5% (30,8% menos que en 2009), la nuclear con un 20,6% (17,1% más que en 2009), el gas natural con un 32% (12,2% menos que en 2009, destacando la caída de producción de los ciclos combinados), los productos petrolíferos con un 5,5% (17,7% menos que en 2009) y las energías renovables con un 32,3% (30,6% más que en 2009). Cabe destacar que las energías renovables, principalmente la eólica y la hidroeléctrica, y el gas natural son las dos principales contribuyentes al balance eléctrico nacional.

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en la presentación del Balance Energético del año 2010, el pasado mes de marzo, destacaba como las principales líneas a seguir, por un lado, la mejora de la seguridad energética mediante el fomento del ahorro y la eficiencia energética, la potenciación de las energías renovables y la mejora del grado de autoabastecimiento; y, por otro lado destacaba, continuar reduciendo las emisiones de CO₂.

En esta misma línea, las propuestas de Planificación Energética para el periodo 2012-2020, recientemente presentadas por los gestores técnicos del sistema (REE y ENAGAS) al Ministerio de Industria prevén un fuerte crecimiento de la energía eólica en la generación eléctrica en detrimento de las fuentes convencionales (carbón, nuclear, fuel-gas), manteniéndose estables los ciclos combinados a gas.

¿Cuál es el papel del gas natural y del sistema gasista dentro de este contexto?

Por un lado, seguir contribuyendo al suministro tanto de la industria como de los clientes residenciales (mercado convencional) y, por otro, dar soporte al sistema de generación eléctrica español, el cual prevé una cada vez mayor contribución de las energías renovables al mix de generación. Sin embargo, hoy en día la energía renovable no es fácilmente gestionable, presentando una baja disponibilidad y una alta variabilidad. En este sistema, las centrales de ciclo combinado a gas, por su elevada disponibilidad y su rapidez de respuesta, constituyen el *back-up* térmico para dar soporte a las energías renovables y la energía de base (nuclear) en la cobertura de la demanda.

El sistema gasista español está diseñado para jugar este doble papel en el modelo energético descrito, provisto de alta capacidad de entrada (por gasoducto o por regasificadoras distribuidas a lo largo de nuestras costas) y de una red de transporte bien desarrollada. Sin embargo, el sistema gasista tiene una capacidad limitada de almacenamiento subterráneo que, junto con la falta de producción propia y la limitada interconexión internacional, lo hace vulnerable ante situaciones excepcionales de interrupción de suministro. La construcción de nuevos almacenamientos subterráneos, principalmente de alta capacidad, como es el almacenamiento Castor, proporcionará al sistema una mayor garantía de suministro ante estas situaciones. Además de esta componente estratégica, los almacenamientos subterráneos son una herramienta muy útil y necesaria para modular la demanda estacional, proporcionando flexibilidad y operatividad al sistema, más aún en un país como España que carece de la principal herramienta de modulación: la gestión y adaptación de la producción. Los almacenamientos

subterráneos, principalmente los de menor volumen y alta capacidad de entrega (en cavernas de sal por ejemplo) también pueden ser utilizados para cubrir demanda pico, así como beneficiarse de la fluctuación de precios del gas entre verano e invierno y de la volatilidad de los mercados *spot*.

El almacenamiento subterráneo de gas natural

Esta técnica se practica desde hace casi 100 años y tiene su origen en Welland, Ontario (Canadá) en 1915, donde se recuperó un campo de gas agotado como almacén para extraer el gas durante los meses de mayor demanda en invierno. Inicialmente, los almacenamientos se instalaban en yacimientos de gas agotados próximos a centros de consumo para poder modular la demanda estacional. En la actualidad existen más de 600 almacenes subterráneos en todo el mundo, la mayoría de ellos en campos agotados pero también en acuíferos (el primero en Kentucky —EE UU— en 1946), cavernas disueltas en sal (el primero en Saint Claire Country —EE UU— en 1961) y, en menor medida, en cavernas excavadas en roca y minas abandonadas. Es en EE UU donde estas instalaciones, casi 400, tienen un mayor desarrollo. El 80% de los almacenamientos mundiales se han desarrollado en campos agotados de hidrocarburos, 15% en acuíferos y el 5% restante en cavernas, principalmente en sal (los almacenamientos en cavernas rocosas y minas no alcanzan el 1% del total). En Europa, con menos yacimientos de hidrocarburos, el porcentaje de almacenamientos en acuíferos y cavernas es mayor, aunque siempre menor que los instalados en yacimientos agotados. En los últimos años, en los que tanto en EE UU como en Europa se han introducido usos comerciales de los almacenamientos subterráneos, la tendencia ha sido desarrollar preferentemente almacenamientos de menor volumen y mayor capacidad de entrega, principalmente en cavernas en sal.

En España existen tres almacenamientos subterráneos en operación: Gaviota, en el mar Cantábrico, frente a Bermeo; Serrablo, entre las localidades oscenses de Jaca y Sabiñánigo, y Marismas, en el valle del Guadalquivir. Las tres instalaciones suman un volumen total de 1,96 bcm de gas útil, es decir, el volumen de gas que puede vehicularse o ciclar, y una capacidad de extracción de 16,9 Mm³(N)/día.

En Europa, países como Alemania con 42 almacenamientos, Francia con 15 e Italia con 8, importadores de gas natural como España aunque con cierta producción propia, han recurrido a esta práctica para proporcionar a sus sistemas gasistas estabilidad, flexibilidad para gestionar demandas cambiantes y proporcionar seguridad de suministro. Aun así, cortes de suministro como el de Ucrania hace unos años afectaron a

estos países. Los países de nuestro entorno almacenan alrededor del 25% de su demanda anual en estructuras subterráneas. En España este porcentaje es mucho menor: 8%. Alemania almacena 89 días de demanda media anual, Francia 71 e Italia 96, mientras que en España sólo 21 días. Pero la capacidad de almacenamiento no es el parámetro principal para valorar la contribución de los almacenamientos subterráneos al sistema, sino la capacidad de extracción, es decir, la capacidad de poner el gas almacenado a disposición. Comparando nuestros almacenamientos subterráneos con los europeos respecto a este parámetro, España se ve claramente desfavorecida, ya que mientras Alemania necesita 67 días para extraer el volumen operativo (gas útil) almacenado, Francia 57 e Italia 45, España necesita 135 días para un volumen almacenado mucho menor.

El almacenamiento Castor, que está desarrollando ESCAL UGS, S.L., con un volumen de gas útil de 1,3 bcm y una capacidad de extracción de 25 Mm³(N)/día, contribuirá de forma notable a mejorar tanto la capacidad total de almacenamiento como, lo que es más importante, a duplicar la capacidad de extracción instalada actualmente. La incorporación del almacenamiento subterráneo Castor al sistema supondrá, considerando la demanda media diaria actual, alcanzar 35 días de demanda media almacenada, frente a los 21 días actuales, y una reducción de 45 días necesarios para extraer el volumen operativo, pasando de los 135 días actuales a 90 (todo el volumen útil almacenado en Castor se puede extraer en menos de 60 días).

Además del almacenamiento Castor, Enagás está construyendo el almacenamiento subterráneo Yela, en la provincia de Guadalajara, a unos 100 km de Madrid, con previsión de entrada en operación próxima.

El proyecto de almacenamiento subterráneo de gas natural Castor

Marco regulatorio

El almacenamiento subterráneo de gas natural se rige por la Ley de Hidrocarburos, que regula tanto su desarrollo como su operación y utilización por parte de los distintos agentes del sistema gasista, estableciendo la obligatoriedad de mantener unas determinadas reservas almacenadas. La actividad de almacenamiento subterráneo se considera una actividad de transporte de gas y es una actividad regulada, aunque la legislación vigente prevé el desarrollo de instalaciones de este tipo de forma libre.

ESCAL UGS obtuvo el permiso de investigación de hidrocarburos por parte del Ministerio de Industria en 1996. Desde entonces se realizaron numerosos trabajos encaminados a demostrar la

viabilidad de la utilización del antiguo campo petrolífero Amposta como almacenamiento subterráneo de gas natural, entre los cuales figuran la adquisición, procesado e interpretación de 140 km² de sísmica 3D y la perforación del sondeo Castor 1, en 2004, que permitió validar las condiciones dinámicas del almacén y la integridad del sello del mismo.

Tras completar el estudio de viabilidad, en 2006 se solicitó la Concesión de Almacenamiento Subterráneo, otorgada en mayo de 2008. Tras un largo periodo de licenciamiento, la construcción de las instalaciones comenzó en marzo de 2010, y se prevé iniciar la operación de las mismas en mayo de 2012.

El proyecto Castor fue incluido en la Planificación Obligatoria de los Sectores de la Electricidad y el Gas en la revisión 2002-2011, inicialmente en la categoría C. Posteriormente, en la revisión 2005-2011, aprobada en marzo de 2006, el proyecto Castor fue recalificado en la categoría A Urgente, es decir, necesario para el Sistema Gasista y de urgente puesta en marcha.

El yacimiento Amposta/Castor: historia y mecanismo de producción

El campo petrolífero Amposta se encuentra a 21 km de la costa española, frente a la localidad castellonense de Vinaròs (Castellón), bajo una lámina de agua de 60 m. El campo fue descubierto por un consorcio liderado por la compañía Shell España en 1970, siendo el primer campo de petróleo marino descubierto en España. Las compañías Shell y Coparex realizaron extensivos programas de sísmica 2D en 1970 que condujeron a la identificación de un horst inclinado de 5x3 km de extensión en el subsuelo del emplazamiento del proyecto Castor.

El pozo del descubrimiento fue el Amposta Marino C-1, perforado en el flanco este de la estructura, y encontró 100 m de columna de petróleo en una caliza fuertemente brechificada y karstificada. El pozo se probó a un caudal de 5.200 bopd, produciendo un petróleo de 17,5° API. El campo comenzó su producción en 1973, terminándose ésta en 1989 con el desmantelamiento de la plataforma e instalaciones de producción. Se produjeron un total de 56 Mbbls (8,9 Mm³) de petróleo y 0,123 Mbbl (0,019 Mm³) de agua, tan sólo un 0,22% del total de fluidos extraídos del yacimiento. Otros hechos relevantes, desde el punto de vista de la conversión del campo en almacenamiento subterráneo, observados durante la producción, fueron la alta productividad individual de los pozos, ya que prácticamente con dos pozos en producción simultánea se alcanzaba la máxima capacidad de las instalaciones, 40.000 bbl/día, así como la fuerte actividad del acuífero subyacente, como refleja el hecho de que durante los casi 5 años de producción a

máxima capacidad, la caída de presión del yacimiento fue únicamente de 70 psi (4,8 bar), recuperándose la presión original tan pronto como se redujo el caudal diario de producción a 10.000 bbls en 1979 (figura 1).

Dada la alta permeabilidad y conectividad del karst, donde se albergaba el petróleo y que albergará el gas almacenado, y la alta actividad del acuífero, el yacimiento se comporta como un pistón hidráulico, manteniéndose la presión constante a lo largo del mismo y ascendiendo el plano de agua uniformemente (este mecanismo ya fue descrito por la Shell durante la producción), de forma que sólo se produce agua cuando el plano de agua alcanza el punto de drenaje de cada pozo, es decir, la cota a la que intercepta el karst abierto, que durante la perforación de los pozos viene marcado por la aparición de pérdidas totales del lodo [es necesaria la inyección de 3.500 l/min (22 bbl/min o 31.700 bbl/día) de agua de mar para mantener el pozo lleno, sin contra-presión en cabeza de pozo] y en muchos casos por caída brusca de la sarta de perforación, mostrando cavernas abiertas de orden métrico. Este comportamiento también ha sido observado por ESCAL tanto en la perforación del primer sondeo Castor-1, en 2004, como en la campaña de perforación que está llevando a cabo actualmente. Se observó que el mecanismo predominante que gobierna la dinámica de fluidos en el almacén es la gravedad, de forma que éstos se segregan y estratifican en función de su densidad de forma prácticamente instantánea.

El yacimiento Amposta/Castor: marco geológico

La subsidencia regional y transgresión del Neo-Tetis que se inició a principio del Jurásico (210 Ma), y que se prolongó durante buena parte de ese periodo, dio lugar a la formación de un extenso escudo carbonatado (grupo Tivissa) en el Mediterráneo occidental. La apertura del mar Tetis y una subsidencia adicional a final del Jurásico originaron condiciones de cuenca profunda, momento en el que se depositaron las lutitas margosas del grupo Salsadella (145 Ma), roca madre del petróleo del campo Amposta.

Las calizas del grupo Montsià, que constituyen el yacimiento Amposta, se depositaron en aguas someras al inicio del Cretácico (120 Ma). A comienzos del Terciario (65 Ma) se inició una etapa compresiva que produjo una elevación regional que plegó y dejó expuesta buena parte de la columna sedimentaria cretácica. Esta exposición subaérea que duró hasta final del Oligoceno (25 Ma) provocó la erosión de secciones considerables de la columna estratigráfica y una intensa karstificación de los materiales calcáreos por circulación y percolación de aguas meteóricas.

La erosión al final del Oligoceno dejó una penillanura suavemente ondulada, salpicada por

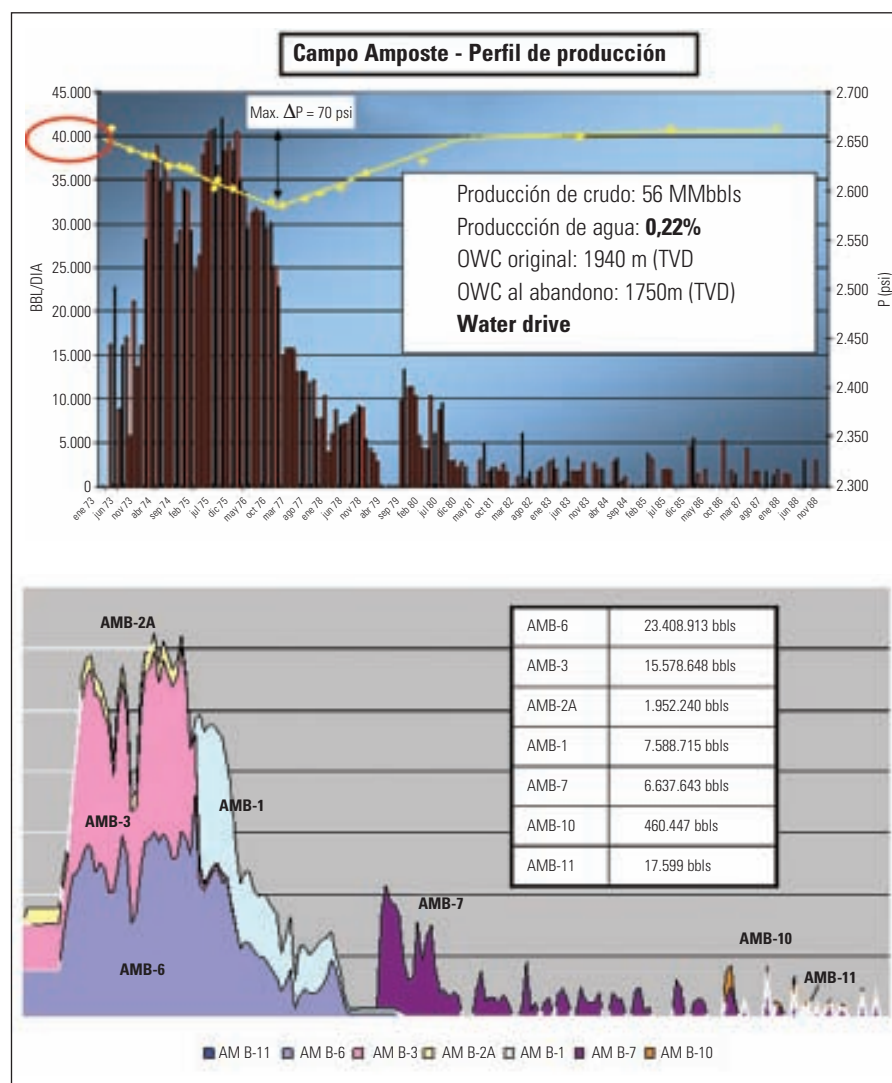


Figura 1. Historia de la producción del campo Amposta.

simas y depresiones interconectadas por cuevas y túneles. Al final del Oligoceno comenzó un periodo distensivo que provocó el adelgazamiento de la corteza y una acusada subsidencia, formándose la fosa tectónica conocida como Surco de Valencia. La estructura Amposta se sitúa en el borde occidental de esta fosa. Probablemente, la lenta subsidencia del horst de Amposta elevó la porosidad kárstica existente mediante la exposición de la red kárstica a la fluencia de las aguas meteóricas y marinas a través de la red porosa. La mezcla de aguas de distintas saturaciones (dulce y marina) resulta subsaturada y por lo tanto tiene alta capacidad de disolver caliza.

Posteriormente, las distintas pulsaciones tectónicas y subsidencia, así como las oscilaciones del nivel del mar, ocasionaron diferentes ciclos de sedimentación en las subcuencas independientes del surco de Valencia. En el graben de Amposta tuvieron lugar dos ciclos de progradación, el primero durante el Mioceno (formaciones Alcanar y Castellón) y el segundo en el Plioceno-Pleistoceno (Formación Ebro).

Mientras desde el inicio del Mioceno (25 Ma) se depositaban las primeras formaciones del grupo Alcanar sobre las subcuencas del Surco de Valencia en régimen transgresivo, el horst de Amposta permanecía emergido, quedando finalmente sumergido en el Langhiense (Mioceno medio) (15 Ma), como demuestra la presencia de la formación Caliza de Amposta (Amposta Chalk) en la parte alta de la estructura, discordante sobre el almacén cretácico. Es durante esta fase cuando comienzan a colapsar las calizas karstificadas de la Formación Montsià en el horst de Amposta.

En el Mioceno tardío (10 Ma) se depositó una importante secuencia clástica progradante sobre la cuenca, el Grupo Castellón. Este grupo está formado por dos formaciones, una inferior, Lutitas de Castellón, poco potente, principalmente arcillosa, y una superior, Areniscas de Castellón, más potente y compuesta por areniscas grises interestratificadas con lutitas.

Al final del Mioceno, durante el Mesiniense, se produjo una elevación extrema asociada a la orogénea alpina que tuvo como consecuencia la erosión

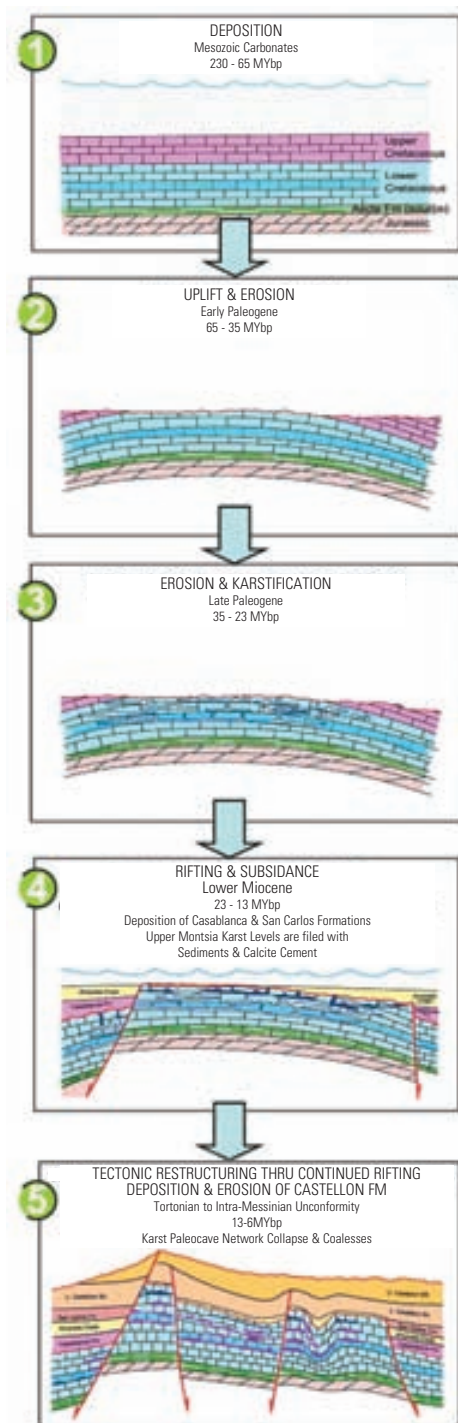


Figura 2. Formación del yacimiento Amposta/Castor.

de una gran parte de los materiales del Grupo Castellón generándose la discordancia erosiva intra-Mesiniense.

El siguiente ciclo de progradación comenzó al inicio del Plioceno (5 Ma), durante una nueva fase de *rifting*, con la deposición de la Formación Lutitas del Grupo Ebro y, a continuación, la Formación Areniscas del Grupo Ebro. El Grupo Ebro aporta la mayor parte de la columna sedimentaria de la región de Amposta, proporcionando la profundidad necesaria para posibilitar la maduración de la roca madre jurásica que cargó de petróleo la estructura Amposta. La

potente sección de lutitas de la base de esta secuencia parece constituir un sello regional extenso, dado que todos los hidrocarburos aparecidos en la región se dan por debajo de su base (petróleo en las calizas cretácicas del Montsià y gas en las arenas miocenas del Grupo Castellón) (figura 2).

El yacimiento Amposta/Castor: descripción del almacén y trampa petrolífera

El almacén de la estructura Amposta está formado por unas calizas micríticas del Cretácico inferior (Barremiense, 125 Ma) del grupo Montsià. Estas calizas estuvieron sometidas a intensa karstificación durante la fase de elevación y erosión del Paleógeno (65-25 Ma), dando como resultado la aparición una porosidad secundaria muy importante. Estudios realizados sobre testigos muestran cementos en fracturas relacionados con circulación ascendente de fluidos calientes que pudieron contribuir a potenciar esta porosidad secundaria.

Los datos sísmicos y de sondeos han permitido identificar las zonas karstificadas que se concentran principalmente en los primeros 50 m y han creado un patrón de almacén complejo y caótico dentro de la estructura. Este patrón se caracteriza por una intrincada red de cavidades, que presentan rellenos de brechas de colapso, canales de disolución y zonas de fracturación dentro de las calizas. Esta red porosa se encuentra bien conectada entre sí facilitando la movilidad de los fluidos en su interior.

El horst inclinado (buza 20° hacia el sueste) constituye una trampa de tipo estructural cuyo cierre por el noroeste es una falla de reajuste de carga con un salto de casi 1.000 m, cuyo bloque hundido está formado por los materiales arcillosos de los grupos Castellón y Ebro (figura 3). El resto de los cierres de la estructura los proporcionan los materiales de la Formación Lutitas del Grupo Castellón. La verificación de la efectividad de los sellos lateral y superior de la estructura Amposta ha sido objeto de numerosos estudios y ensayos.

El almacenamiento subterráneo Castor: parámetros de diseño e instalaciones

Como conclusión del estudio de viabilidad, realizado a partir de los datos históricos de perforación y producción y de los obtenidos del primer sondeo perforado por ESCAL UGS, S.L., en 2004 y de los modelos realizados, se establecieron los parámetros básicos del almacenamiento Castor:

- Volumen de gas útil: 1,3 bcm
- Volumen de gas colchón: 0,6 bcm
- Relación gas útil/gas colchón: 2:1
- Capacidad de inyección: 8 Mm³(N)/día
- Capacidad de extracción: 25 Mm³(N)/día

Cabe resaltar, por su importancia en el desarrollo y operación del almacenamiento, la capacidad de gas útil y la capacidad de extracción, ya destacado anteriormente, además de la relación gas de trabajo o útil/gas colchón de casi 2:1. Esta relación, propia de almacenamientos en cavidades salinas, es extraordinariamente anómala para almacenamientos de alta capacidad como Castor, y se debe a que el gas se almacena en el karst, siendo la porosidad de la matriz rocosa prácticamente nula. Este hecho tiene una gran relevancia desde el punto de vista de los costes de desarrollo, ya que el gas colchón es siempre una partida importante de la inversión total. Como ejemplo, en almacenamientos de gran volumen en medios porosos, esta relación varía de 1:1 a 1:2, es decir, el volumen de gas colchón es similar o hasta el doble del gas útil.

Las instalaciones del almacenamiento Castor se diseñaron teniendo en cuenta las propiedades físicas y dinámicas del almacén y las distintas situaciones posibles de demanda, definiéndose unos criterios de diseño adecuados para poder satisfacer cualquier situación de demanda aprovechando las prestaciones del yacimiento. Los criterios de diseño de las instalaciones fueron:

- Garantizar alta disponibilidad, flexibilidad y fiabilidad.
- Rapidez en puesta en marcha y apagado y alto *turn-down* (capacidad de reducción).
- Rapidez en alcanzar funcionamiento a régimen.
- Minimizar la intervención del operador.
- Minimizar las mermas.

Las instalaciones se distribuyen entre tierra (figura 4) y mar (figura 5) y se conectarán a la red de transporte mediante un gasoducto de 11 km que está construyendo Enagás.

En tierra se encuentra la Planta de Operaciones, en el término municipal de Vinaròs (Castellón) a 8 km de la costa, que comprende los siguientes equipos:

- *Inyección*: dos compresores accionados por turbinas de gas (primera etapa de compresión) y unidad de regulación y medida (construida y operada por Enagás).
- *Extracción*: separador de líquidos, unidad de endulzamiento (sistema de membranas para la separación de un posible exceso de CO₂ y secuestradores de sulfhídrico), unidad de odorización (THT).
- *Servicios auxiliares*: unidad de N₂ criogénico, unidad de aire de instrumentación, tanque de agua desmineralizada, tanque de agua contra incendios (2.200 m³), sistema contra incendios, unidad de tratamiento de pluviales, generador de emergencia y poste de venteo.
- *Edificios*: sala de control, almacén-taller y edificio administrativo.

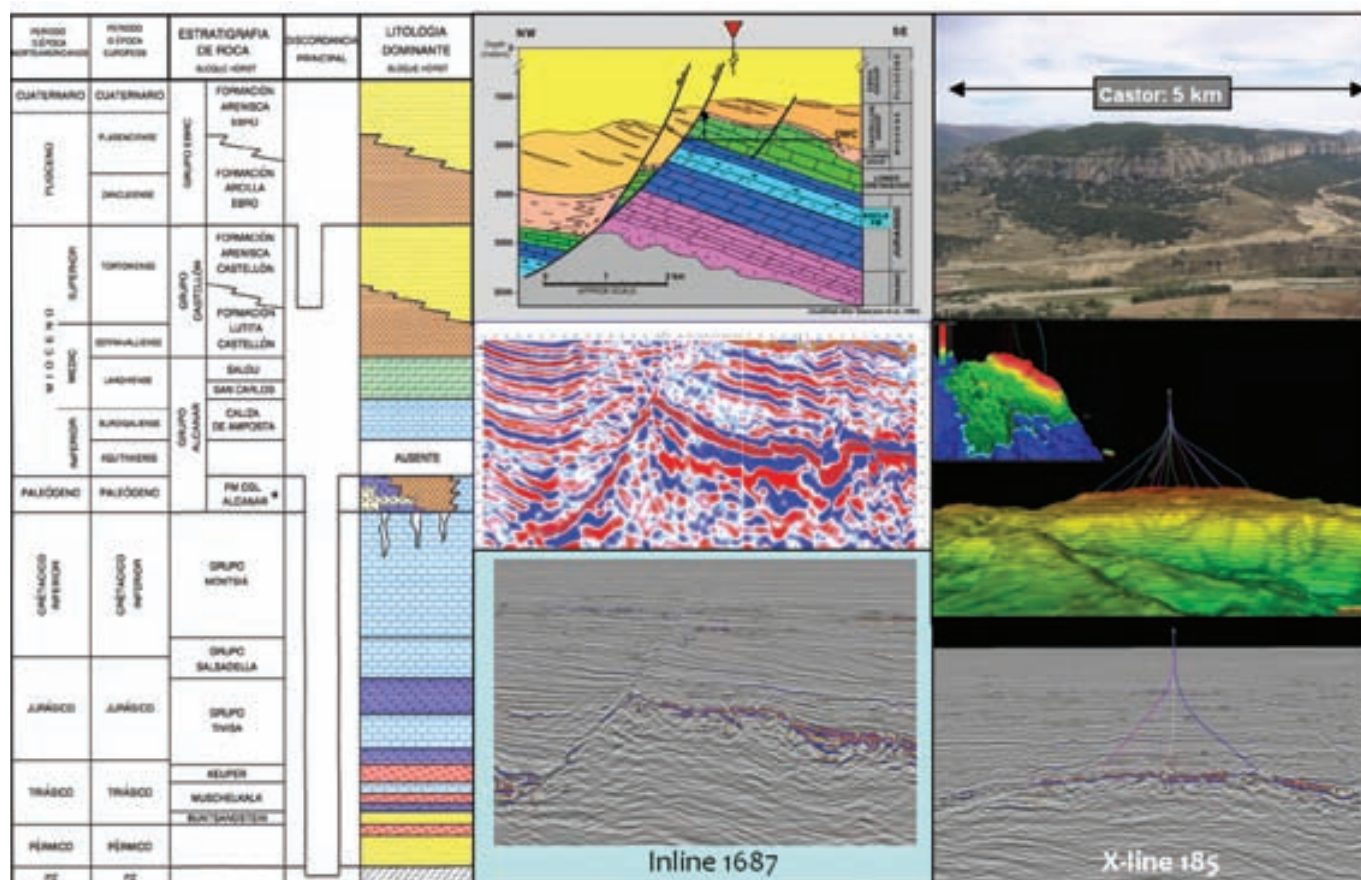


Figura 3. El yacimiento Amposta / Castor.



Figura 4. Instalaciones en tierra. Arriba izda.: instalación gasoducto; arriba centro: zona del aterraje del gasoducto; arriba dcha.: microtúnel de paso de la costa. Abajo: obras de la Planta de Operaciones.

Su construcción comenzó en marzo de 2010 y en la actualidad se encuentra en un estado avanzado, habiéndose recibido e instalado todos los equipos y unidades paquete.

El gasoducto tiene un tramo terrestre de 8,4 km y un tramo marino de 21 km. Su diámetro es de 30" y 110 bar de presión de diseño, y consta además de una válvula de corte próxima a la costa y trampas de rascadores en ambos extremos. El paso de la costa se ha realizado mediante un micro-túnel de 2 m de diámetro y 275 m de longitud.

El tramo marino será enterrado a 1 m de profundidad. Junto al gasoducto se ha tendido un cable de fibra óptica para comunicaciones.

La construcción del tramo terrestre comenzó en diciembre de 2010 y está prácticamente terminada. El micro-túnel de paso de la costa también ha sido terminado. La construcción del tramo marino comenzará en julio del presente año y se van a utilizar dos métodos constructivos diferentes: pre-zanjado para el primer kilómetro desde la costa y post-zanjado para el resto.

La plataforma marina consta de dos secciones unidas mediante un puente de 60 m:

- Plataforma de cabezas de pozos: 15 slots para pozos. Fue instalada en agosto de 2010 mediante el hincado de 4 pilotes de 92 m al fondo marino por el barco grúa *Saipem 7000*, el mayor del mundo con una capacidad de izado de 14.000 ton. En ella se sitúan las cabezas de pozo y árboles de Navidad.
- Plataforma de proceso: se instalará en noviembre de 2011 por el segundo barco grúa más grande del mundo, *Thialf*, de la compañía Heerema, con una capacidad de izado también de 14.000 ton. En esta plataforma se encuentran las siguientes unidades:

- *Inyección*: tres compresores accionados por turbinas de gas (segunda etapa de compresión).
- *Extracción*: separador de líquidos, bombas de re-inyección de líquidos y unidad de secado o deshidratación.
- *Servicios auxiliares*: unidad de aire de instrumentación, sistema contra incendios, generador de emergencia y antorcha.

Los módulos de las plataformas se han fabricado en EE UU por la compañía Kiewit Offshore, y los *jackets* en Cádiz por la compañía Dragados Offshore.



Figura 5. Instalaciones en el mar. Arriba izda.: equipo de perforación tipo jack-up Hakutyu 10 sobre la plataforma de pozos; arriba dcha.: operaciones de entubación de un pozo. Centro: preventor de erupciones bajo la ménsula del equipo de perforación (BOP-Blow Out Preventor). Abajo izda.: vista del equipo de perforación; Abajo dcha: módulos de la plataforma de producción en el astiller.

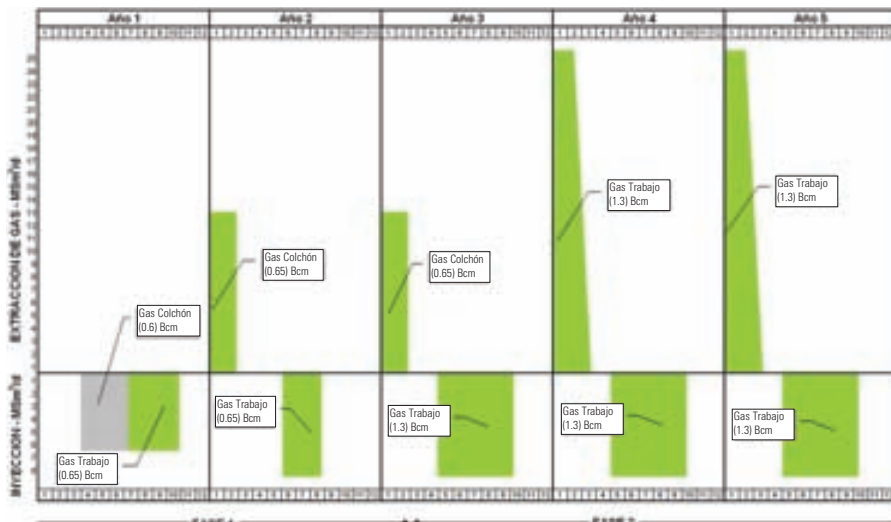


Figura 6. Fases del desarrollo del almacenamiento subterráneo Castor.

Pozos: se están perforando 12 sondeos, 7 de inyección/extracción, 4 de observación (3 en el almacén y 1 en la cobertera) y 1 pozo de re-inyección de líquidos. El sondeo Castor-1 perforado en 2004 será recuperado como pozo de inyección/extracción. La perforación comenzó en septiembre de 2010 con el equipo de perforación tipo *jack-up*, de la compañía Japan Drilling Company, y se está utilizando la última tecnología tanto en perforación direccional (sistema AutoTrack) como en registros al avance (*Logging While Drilling*).

Los pozos monitores en almacén se están equipando con instrumentación permanente, consistente en medidores de presión y temperatura distribuidos a lo largo del almacén, para monitorizar la evolución del gas, tanto durante el primer llenado como durante los ciclos de operación, mediante la observación de los gradientes de presión. El primer pozo equipado con esta instrumentación ya está aportando información valiosa sobre la conectividad del karst a lo largo de la estructura, detectándose los picos de presión originados cuando los

pozos, distantes más de 1 km, interceptan el karst y se producen pérdidas totales.

El almacenamiento subterráneo Castor: operación

La primera inyección de gas está prevista en mayo de 2012. El almacenamiento se desarrollará en dos fases (figura 6). En la primera fase, los dos primeros años, se desarrollará el almacén hasta la mitad de la capacidad de gas útil. En el primer año, 2012, se inyectará el 100% de gas colchón (0,6 bcm) y la mitad del gas útil (0,65 bcm) a un caudal reducido de 6 Mm³(N)/día para asegurar un llenado homogéneo y realizar una minuciosa monitorización de la operación. En los meses de invierno del segundo año, 2013, se podrá extraer el gas útil almacenado, volviéndolo a inyectar en el verano. La segunda fase comenzará en el 2014, a inicio del ciclo de verano, inyectándose la totalidad del gas útil; así, al inicio del ciclo invernal de este mismo año el almacenamiento dispondrá de la totalidad del gas útil. Las peculiares características de porosidad (kárstica) y permeabilidad de este almacén y el mecanismo tipo pistón favorecido por la alta actividad del acuífero subyacente permiten realizar un desarrollo al 100% de la capacidad en tan sólo dos años, lo cual es muy poco habitual en este tipo de instalaciones. En almacenamientos en formaciones detríticas el pleno desarrollo puede alcanzarse en décadas.

El terremoto de Lorca, protagonista de las tertulias del Geoforo

TEXTO | Rubén Marcos, Europa Press

El 15 de junio se celebró en Madrid, en la sede del Colegio de Geólogos, una tertulia del Geoforo que, bajo el título "Terremoto de Lorca: evitemos otra catástrofe con un nuevo plan de prevención", analizó los efectos devastadores del terremoto de Lorca del 11 de mayo y cómo se podrían evitar en el futuro catástrofes similares.

Es una costumbre del ICOG organizar tertulias de la actualidad geológica, principalmente de los temas relacionados con los riesgos geológicos.

Moderada por el vicepresidente del ICOG y presidente del Geoforo, José Luis Barrera, la tertulia contó con la participación de Ramón Capote, catedrático de Geodinámica de la Universidad

Complutense de Madrid; José Martínez Díaz, profesor de Geodinámica de la UCM y experto en el estudio de la falla de Alhama-Totana-Lorca; y Luis Suárez, presidente del ICOG (figura 1). En el acto estuvo presente el vicepresidente de la Casa de Murcia en Madrid, Daniel Merino (figura 2).

La sala estaba llena de profesionales muy competentes en el tema de sismología y geotectónica (Figuras 3 y 4).

Durante la presentación de los ponentes, José Luis Barrera dejó claro ante los numerosos asistentes a la tertulia del Geoforo que España es un país con una peligrosidad sísmica moderada, pero que sin duda podría ocurrir otro seísmo de magnitud superior al de Lorca en el futuro, por lo que las diferentes Administraciones Públicas deben tomar las medidas adecuadas para prevenir sus efectos devastadores.

Por su parte, el catedrático de Geodinámica de la UCM, Ramón Capote (figura 5), hizo un repaso a las características técnicas del terremoto de Lorca, explicando que se produjo a unos 2 kilómetros de profundidad y a 2,5 kilómetros del casco urbano de la localidad murciana. Es cierto que la falla de Lorca no es la famosa falla de San Andrés, en California, que tiene un desplazamiento anual de varios centímetros. Asimismo, Capote destacó que, a pesar de ser un terremoto de magnitud moderada, produjo muchos daños no estructurales en los edificios de la ciudad. Una posible causa de la capacidad destructiva del terremoto, según Capote, pudo ser la aceleración registrada durante el mismo (0,37 g), cuando la normativa sismorresistente para Lorca establece un valor de partida de 0,12 g. Añadió que en España no se está totalmente preparado para un terremoto como el que se produjo en 1755 (el llamado terremoto de Lisboa).

"El hecho de que terremotos de magnitud moderada produzcan daños en edificaciones, como ha sucedido en Lorca y anteriormente en otras localidades murcianas como Mula o La Paca, es muy preocupante", añadió el catedrático de Geodinámica de la UCM. Por este motivo, Ramón Capote apostó por intensificar los estudios de paleosismicidad en las fallas más activas de España con el fin de elaborar modelos de comportamiento que permitan determinar cada cuánto tiempo se producen terremotos de magnitud moderada o importante y cuáles son los efectos de esos terremotos. Estos nuevos datos



Figura 1. Los miembros de la mesa.



Figura 2. De izquierda a derecha, José Luis Barrera, Daniel Merino, vicepresidente de la Casa de Murcia, Ramón Capote, José Luis Martínez y Luis Suárez.



Figura 3. Panorámica de los asistentes.



Figura 4. Panorámica de los asistentes.



Figura 5. Ramón Capote durante su intervención.

Un origen de estos daños puede estar en el choque durante el terremoto entre edificios de diferentes alturas y, por lo tanto, con diferentes oscilaciones

van a permitir actualizar el mapa de peligrosidad sísmica español y, por ende, la norma sismorresistente.

Por su parte, el geólogo y profesor de Geodinámica de la UCM, José Martínez Díaz (figura 6), explicó a los asistentes al Geoforo que la mayoría de los daños ocasionados en los edificios de Lorca se produjeron en el diseño de los mismos: desprendimientos de cornisas, muros, voladizos, paneles y elementos decorativos que fueron los causantes de las víctimas mortales; es decir, los edificios no son sismorresistentes. Según aclaró Martínez Díaz, un origen de estos daños puede estar en el choque durante el terremoto entre edificios de diferentes alturas y, por lo tanto, con diferentes oscilaciones. En este sentido, el profesor de la UCM recordó que en países de gran riesgo sísmico como Japón los edificios están separados por al menos un metro y medio de distancia.

"Una de las ramificaciones de la falla de Alhama o de Lorca-Totana, como también se la conoce, atraviesa el casco urbano de Lorca", precisó Martínez Díaz. En su opinión, este factor también podría estar detrás de los efectos destructivos del terremoto. Además precisó que de acuerdo con los datos sísmicos del IGN, las réplicas del terremoto no se han producido sobre la falla, por lo que esta no estaría liberando energía y, por lo tanto, no sería descartable que se produjera un nuevo seísmo en la zona.

Extraer enseñanzas del terremoto

Para Luis Suárez, presidente del Colegio de Geólogos (figura 7), el terremoto de Lorca tiene que servir "para extraer todas las enseñanzas posibles". En su opinión, el terremoto debe marcar un antes y un después en la prevención de riesgos naturales en España, ya que sería inaceptable que dentro de diez o quince años, si se vuelve a producir un seísmo similar, tuviera las mismas consecuencias catastróficas. Por este motivo, Luis Suárez apuesta por actualizar la normativa de construcción sismorresistente y adaptarla a los datos aportados por los análisis técnicos del terremoto de Lorca. En este sentido, el presidente del ICOG ofreció al Ministerio de Fomento toda su cooperación para

poner al día la normativa sismorresistente y recordó que cuando se elaboró la primera normativa de este tipo en España, el Colegio de Geólogos no fue consultado.

Además, Suárez anunció que el Colegio de Geólogos ha remitido a las Administraciones Públicas y a diferentes partidos políticos un decálogo de medidas (ver al final) a adoptar a corto y medio plazo para evitar que futuras catástrofes naturales, no solo los terremotos, produzcan grandes daños materiales y personales.

Luis Suárez cree que las Administraciones Públicas españolas deben trabajar conjuntamente y apostar por la prevención ante este tipo de catástrofes naturales, pero también ante otras más habituales en España, como las inundaciones

Estas medidas incluyen la necesidad de realizar estudios de vulnerabilidad sísmica en las poblaciones españolas con mayor riesgo de sufrir terremotos, especialmente aquellas situadas en el sureste de la península; el desarrollo de la Ley del Suelo de 2008, que obliga a elaborar mapas de riesgos naturales previos a la aprobación de nuevos planes urbanísticos en los municipios; llevar a cabo programas de educación dirigidos a los ciudadanos para que sepan cómo actuar en caso de terremoto y minimizar las víctimas de estas catástrofes; y elaborar un plan de rehabilitación de construcciones anteriores a la entrada en vigor de la normativa sismorresistente.

“España no es Japón ni California, tenemos un riesgo sísmico moderado, pero lo tenemos”, confesó el presidente del Colegio de Geólogos. Por este motivo, Luis Suárez cree que las Administraciones Públicas españolas deben trabajar conjuntamente y apostar por la prevención ante este tipo de catástrofes naturales, pero también ante otras más habituales en España, como las inundaciones.

La tertulia finalizó con el turno de preguntas, durante el cual participó una buena parte del público (figura 8).



Figura 6. José Martínez durante su intervención.



Figura 7. Luis Suárez durante su intervención.



Figura 8. El vicepresidente de la Casa de Murcia, David Merino, durante su intervención.

Decálogo del Colegio de Geólogos para minimizar el riesgo sísmico en España

El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) considera positivo actualizar y mejorar la normativa sismorresistente en España, especialmente en las zonas de peligrosidad sísmica, en la línea de lo anunciado el pasado viernes 13 de mayo por el vicepresidente primero del Gobierno, Alfredo Pérez Rubalcaba. Al mismo tiempo, el ICOG se pone a disposición de los poderes públicos para asesorar en cuestiones técnicas y formar parte de la comisión de expertos que lleven a cabo la citada revisión.

El Colegio recuerda que, a pesar de la magnitud moderada del terremoto de Lorca (5,2 en la escala Richter), los aspectos geológicos han sido una de las causas determinantes en los daños ocasionados. De ahí que la normativa debería incorporar aspectos relevantes de paleosismicidad y neotectónica.

El Colegio manifiesta que, ante la imposibilidad de predecir un seísmo, sí se puede adoptar un decálogo de medidas, en las zonas de peligrosidad sísmica, que en un futuro minimicen esos daños, especialmente los referidos a víctimas mortales y a colapsos de edificios.

Medidas a implementar por la Administración General del Estado

1. Abordar la **reforma de la Norma de Construcción Sismorresistente**: parte general y edificación (NCSR-02), aprobada por RD 997/2002, para que, en el plazo más breve posible, recoja las experiencias del terremoto de Lorca, establezca con mayor rigor la necesidad de cumplimiento de los requisitos antisísmicos e incorpore las aportaciones de la paleosismicidad y de fallas activas. El ICOG se ofrece a participar en la Comisión Permanente de las Normas Sismorresistentes, junto a otros colegios profesionales competentes en la materia.
2. **Potenciar la realización de los estudios de peligrosidad y vulnerabilidad sísmica** por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), tomando como modelo el Servicio Geológico Americano (USGS), servicio geológico y sismológico de referencia a nivel mundial.
3. **Reformar la Inspección Técnica de Edificios (ITE)** para que se exija, en las zonas de peligrosidad sísmica, la adaptación de los edificios a la Norma Sismorresistente en el plazo de cinco años.
4. Abordar la **obligatoriedad del visado de los estudios geotécnicos en la edificación**, con el fin de reforzar los controles de seguridad en lo que se refiere a las condiciones geotécnicas del suelo, en especial, del riesgo sísmico.

A nivel autonómico y local

5. Impulsar que los órganos legislativos de todas las comunidades autónomas desarrollen el vigente texto refundido de la Ley del Suelo estatal, en concreto su artículo 15, donde se establece la **obligatoriedad de la elaboración de mapas de riesgos naturales** en los informes de sostenibilidad de los Planes Generales de Ordenación Urbana, armonizando estos instrumentos con la normativa de edificación.
6. Gestionar, por parte de las consejerías competentes en la ordenación del territorio de las comunidades autónomas situadas en zonas de peligrosidad sísmica, la **elaboración de estudios de peligrosidad y vulnerabilidad sísmica**, a fin de que se adopten medidas de prevención en el diseño constructivo, en los usos del suelo, en los condicionantes urbanísticos y en las vías de comunicación. A estos efectos, el ICOG se pone a disposición de aquellas comunidades autónomas que soliciten nuestros conocimientos.
7. Realizar **cursos de sensibilización y de formación para el personal técnico** de los municipios, a través de la FEMP, tomando como referencia la Guía Metodológica para la Elaboración de Cartografías de Riesgos Naturales en España, realizada por el ICOG en colaboración con el extinto Ministerio de Vivienda.
8. **Informar a los ciudadanos residentes en zonas de riesgo sísmico sobre las pautas de autoprotección adecuadas** durante e inmediatamente después de la ocurrencia de un terremoto. Con ello, se evitarían muchas víctimas mortales en plena calle, debido fundamentalmente a desprendimientos de cornisas, tabiques, balcones, o colapsos de edificios. Asimismo, se deberían elaborar manuales de prevención de riesgos sísmicos que puedan ser impartidos en el ámbito escolar.
9. Aprobación de un **plan de rehabilitación de los edificios construidos antes de la promulgación de las normas sismorresistentes**, especialmente los referentes a las infraestructuras críticas y los referenciados como de especial importancia en la Norma de Construcción Sismorresistente, parte general y edificación (NCSR-02), tales como hospitales, edificios de comunicaciones, de bomberos, depósitos de agua y gas, centrales eléctricas, etc.
10. Mejorar los **mecanismos de control del cumplimiento de la norma sismorresistente** en los proyectos de edificios, mediante el visado de proyectos y certificados de cumplimiento de la Norma Sismorresistente por los colegios profesionales. En la actualidad, existen dos modalidades de control: por parte del proyectista, a través de los ayuntamientos y colegios de arquitectos, y una segunda a través de los organismos de control técnico (OCT). Sería necesario introducir un tercer mecanismo de verificación a través de muestreos por parte de las Administraciones, mediante el reclutamiento de técnicos competentes en las actuaciones sobre el terreno.

El Colegio de Geólogos ya denunciaba la peligrosidad sísmica española en 1997

Reproducimos, por su actualidad, el editorial publicado en el número 16-17 de esta revista, en el que los autores, expertos en geotectónica e ingeniería sísmica, ya avisaban de la necesidad de planes de prevención ante el riesgo sísmico en zonas del territorio español.

EDITORIAL

Terremotos

Los terremotos que desde el día 22 de mayo han venido sucediéndose en la provincia de Lugo, han alarmado a la población y sorprendido a muchos técnicos, poniendo en evidencia las limitaciones de todo análisis de la peligrosidad sísmica que no se apoye en una profunda base de información geológica. Esta impresión coincide con la surgida de la ocurrencia de fuertes terremotos, como los de Cutch (1819), en la India, o los más recientes de Tennant Creek (1986, Australia), Ungava (1989, Canadá) o Killari (1993, India), todos ellos en zonas consideradas estables y donde los datos históricos apuntaban a clasificarlas como de escasa o nula sismicidad, alertando de que algo no concuerda entre la realidad y los enfoques de predicción basados únicamente en los registros de datos sísmicos y los métodos estadísticos, habituales herramientas en las que se basan los mapas de actividad o de peligrosidad. Estos sistemas de clasificación de la peligrosidad sísmica implican que las normas de construcción sismorresistente se adecúen principalmente a dichos criterios históricos y estadísticos. Las consecuencias pueden ser en muchos países catastróficas. En España, la sismicidad histórica señala ciertas zonas más activas y otras de escasa o desconocida actividad sísmica en épocas históricas. Sin embargo nuestro catálogo sísmico no es una herramienta completa en la que puedan basarse estudios de alta fiabilidad estadística, ya que sus datos sólo son homogéneos y completos para el periodo más cercano, en torno a los últimos 150 años.

La sismicidad es la respuesta a una actividad tectónica, proceso geológico cuya escala temporal es muy diferente a la que utilizamos para medir los acontecimientos humanos. En las zonas de alta actividad sísmica las fallas que generan la sismicidad pueden alcanzar velocidades de varios centímetros al año y los periodos de retorno de los grandes terremotos se miden en varias decenas o un centenar de años. En los países avanzados en los que se da alta sismicidad, como Japón, Estados Unidos o Nueva Zelanda, los estudios de estimación de peligrosidad sísmica cuentan con el estudio y cuantificación de los parámetros geológicos (identificación de fallas sismogénicas, velocidad de deslizamiento y régimen tectónico, deformación regional), pero es en las zonas consideradas estables o de baja sismicidad donde esta información geológica se hace del todo imprescindible. En esas zonas las velocidades de deslizamiento en fallas son de décimas de milímetro y

los periodos de recurrencia de grandes terremotos del orden del millar de años o mayor, por lo que el último terremoto potencialmente destructivo sólo se encuentra a partir del registro geológico. En todos los casos la clave para el conocimiento de la peligrosidad está en el estudio de ese registro geológico, en términos de su actividad tectónica y sus relaciones tanto con la paleosismicidad como con los terremotos actuales, incluyendo a los seismos sólo sensibles a las redes de microsismicidad.

La incorporación de datos geológicos a los estudios de sismicidad es la respuesta actual a la *predicción razonable* de la peligrosidad de una región. Desde ahí debe trasladarse a las normativas y a la legislación que acompañan a las medidas de prevención. Prevención, información ciudadana, protección civil, planes de emergencia y, en resumen, *servicio público* antes, durante y después del terremoto, son medidas obligadas en nuestra sociedad. El terremoto que vivieron los pueblos de Lugo, y la serie de réplicas que le siguieron, han demostrado la ausencia de estas medidas, a pesar de que ya en 1995 hubo otros terremotos relativamente importantes en la misma zona, entre Sarriá, Triacastela y Becerreá, y de que se había iniciado un periodo de frecuentes réplicas desde entonces. Los mapas de peligrosidad no señalaban la posibilidad de que ocurriera un terremoto de la magnitud del ocurrido el 22 de mayo en Lugo. La población sufrió alarma general, sin saber qué hacer, y hubo daños materiales y una víctima, consecuencia de un infarto. Es necesario plantear la serie de estudios coordinados entre sismólogos y geólogos que permitan conocer mejor, tanto las zonas de mayor actividad sísmica (Andalucía o Murcia), como las hasta ahora consideradas no activas, desplegando las metodologías y recursos que a esta altura de la Década Internacional de Prevención de Riesgos Naturales es exigible. Además deben tomarse las medidas de educación y de información adecuadas a las características de cada región, para que en todo caso la población sepa qué puede esperar y qué medidas personales debe tomar en cada caso. Educación e información son las armas esenciales contra el temor infundado.

Luis I. González de Vallejo. Catedrático de Ingeniería Geológica UCM.
Ramón Capote. Catedrático de Geodinámica UCM.

Genera 2011

Crónica de la jornada técnico-científica "Aportación de la Geotermia al mix energético"

Tras el gran éxito de la jornada internacional organizada el año pasado por el ICOG, en el marco de la Feria GENERA del IFEMA, con más de 150 asistentes, el Colegio ha organizado este año una nueva jornada técnica internacional, el día 11 de mayo, para debatir las posibles aportaciones que la geotermia podría hacer al mix energético nacional. La sala de la Jornada estaba prácticamente llena (*figuras 1 y 2*), pues este tema despierta mucho interés en todo el sector energético nacional, tanto en el ámbito institucional como en el empresarial y los profesionales.

La geotermia está considerada como una energía renovable, pues es evidente que el recurso es inagotable. Esta fuente energética cuenta con los factores de capacidad y de utilización más altos de entre las renovables, hasta un 95% en algunos casos, consiguiendo producir más de 8.000 horas/año de manera ininterrumpida.

Por su carácter autóctono, el aprovechamiento de los recursos geotérmicos implicará la reducción del grado de dependencia del sector energético exterior, la reducción del consumo de fuentes de energía fósiles y el refuerzo de la seguridad del suministro.

La geotermia es una energía limpia, pues produce muy pocas emisiones de gases, que son notablemente menores en comparación con otras fuentes térmicas de energía. Otra de las principales ventajas de esta energía es que ofrece un flujo constante de producción a lo largo del año, ya que no depende de variaciones estacionales como lluvias, caudales de ríos, viento, sol, etc.

En la nueva edición de GENERA, se ha contado con las aportaciones de los dos principales partidos nacionales, PSOE y PP (*figura 3*), la patronal de las eléctricas, la patronal de las empresas de geotermia, el IDAE, la perspectiva europea (EGEC) y las propuestas de los profesionales de la geología.

Los miembros de la Junta de Gobierno, Cristina Sapalski, Rafael Varea, responsable de la jornada, y Jose Luis Barrera, fueron recibiendo a todos los ponentes asistentes al evento. También se encontraba allí el personal del ICOG que se repartía entre el *stand* del Colegio y la Jornada técnico-científica.

Acto de inauguración

El presidente del Colegio, Luis Suárez (*figura 4*), recordó en el acto inaugural que la geología está al servicio de la ciudadanía, y comentó la importancia de la geotermia para el mix energético español, "donde caben todas las energías". El presidente propuso la geotermia como una energía "limpia, segura, barata y, además, autóctona", en el actual contexto internacional en los países del norte de África y para prevenir posibles problemas de abastecimiento futuro, ya que ha recordado que dos "principales" problemas de España en materia energética son la dependencia del exterior y el déficit de planes de eficiencia. "Aunque actualmente la presencia de la energía geotérmica en España es residual, tiene un gran potencial por desarrollar", indicó Suárez. La geotermia es una energía continua, que no consume ningún combustible y que tiene un coste muy bajo de implantación. "En apenas 6 o 7 años se puede amortizar una instalación que tiene una vida útil de más de 50 años", explicó.

En ese sentido, Suárez anunció que el Colegio va a promover un Libro Blanco sobre la Geotermia para favorecer su desarrollo e implantación en España. En el documento se recogerán las experiencias positivas que ya se han llevado a cabo en países como Alemania y Suecia, al mismo tiempo que se darán las pautas adecuadas para lograr un mejor aprovechamiento geotérmico en nuestro país.

Inmediatamente después de la intervención del presidente del Colegio de Geólogos, tomó la palabra Margarita de Gregorio (*figura 5*), portavoz de la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), quien afirmó que participará activamente de la propuesta del Colegio para difundir y potenciar ese Libro Blanco de la Geotermia en España.

Ponencias

En la primera mesa de la jornada participaron los representantes del PSOE y del PP. Ambos coincidieron en apoyar la energía geotérmica por su "carácter autóctono ante la dependencia energética exterior". Primero Hugo Morán (*figura 6*), responsable federal de Medio Ambiente del PSOE, destacó la "alta capacidad de socialización, la accesibilidad y la ayuda a la reducción de

Programa

Inauguración de la Jornada 10:00-10:15

Luis E. Suárez Ordoñez. Presidente del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG).
Margarita de Gregorio. Directora de Geotermia de la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) y coordinadora de GEOPLAT.

Ponencias: moderador, Rafael Varea (ICOG)

10:15-10:35 Hugo Morán.
Política Energética del PSOE.

10:35-10:55 María Teresa de Lara.
Política Energética del PP.

10:55-11:15 M^a Carmen López Ocón (IDAE).
La geotermia en la planificación nacional energética.

11:15-11:35 José M^a Marcos (UNESA).
Visión del mix energético nacional.

11:35-11:55 Sarah Keane. EGEC (UE).
Prospects of Geothermal Energy in Europe2.

11:55-12:15 Rubén González (APPA).
Geotérmica de Alta Entalpía. Análisis del presente y futuro del sector.

12:15-12:35 Íñigo Ruiz (APPA).
Geotérmica de Baja Entalpía. Análisis del presente y futuro del sector.

12:35-12:55 Javier Urchueguía (Grupo Rector GEOPLAT).
Geoplat: Visión a 2030 y avance de Áreas Estratégicas de Investigación.

12:55-13:15 Rafael Varea (ICOG).
La geotermia como opción energética.

Debate 13:15-13:35

Clausura de la Jornada

Luis Eduardo Cortés (presidente ejecutivo de IFEMA).



Figura 1. Asistentes en la sala.



Figura 2. Sala con los asistentes.



Figura 3. De izquierda a derecha: J. L. Barrera, Cristina Sapalski, Luis E. Suárez, Hugo Morán (Partido Socialista), M^a Teresa de Lara (Partido Popular) y Rafael Varea.



Figura 4. Acto inaugural.



Figura 5. Margarita de Gregorio.



Figura 6. Hugo Morán.



Figura 7. Mª Teresa de Lara.



Figura 8. Carmen López Ocón.



Figura 9. José María Marcos.



Figura 9 bis. Asistentes atentos.



Figura 10. Sarah Keane.



Figura 11. Ponentes de APPA.



Figura 12. Javier Urchueguía.



Figura 13. Rafael Varea.



Figura 14. Geothermie - Unterhaching.



Figura 15. Clausura. De izquierda a derecha: José Luis Barrera, Luis Eduardo Cortés y Rafael Varea.



Figura 16. Stand del ICOG.

La geotermia constituye un mercado laboral en expansión que dará muchos puestos de trabajo a diferentes profesiones aunque todavía no tenemos especialistas porque apenas hay formación

emisiones de la energía geotérmica". Morán se refirió también a la próxima aprobación de un decreto que regulará el reparto de la energía, redefinirá el nuevo papel del ciudadano como generador más que como consumidor y "donde la geotermia jugará un papel fundamental por su condición de energía limpia".

Por su parte, María Teresa de Lara (figura 7), del PP, se mostró favorable al uso de geotermia por su "carácter estable de flujo constante", aunque comentó que su partido apuesta por un mix energético en el que "entren todas las energías". La representante del PP admitió que las renovables tienen sus limitaciones, ya que "necesitan una energía de respaldo" y solicitó al Gobierno unas "políticas serias y firmes para el fomento de estas energías".

Cuando se mostró más crítica la portavoz popular fue al referirse a esa política energética del Gobierno. "Hace falta una política energética seria", señaló. "Todos queremos apoyar las energías renovables pero a qué precio; el compromiso es llegar al 20% en renovables en el año 2020, pero, ¿qué pasa con el 80% restante? ¿Qué energía de respaldo queremos?" preguntó María Teresa de Lara.

M^a Carmen López (figura 8), en representación del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) del Ministerio de Industria, afirmó que "actualmente no existe geotermia en España para la producción de electricidad y su aplicación se reduce a usos térmicos". Según López esto se debe a que en el Plan de Energía 2005-2010 no se reconocía la geotermia.

En esa línea se expresó José María Marcos (figura 9), portavoz de la Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA) quien dio un dato revelador, "la aportación de la geotermia al mix energético en el año 2010 fue sólo del 0,02%". Marcos también señaló que en España tenemos

los costes más baratos de Europa en suministro de electricidad y que "precisamente uno de los retos del sistema eléctrico español es equilibrar esas tarifas a los costes del sistema".

Para la nueva Ley de Eficiencia Energética y Energías Renovables 2011-2020, basada en la garantía de suministro, la compatibilidad económica y el respeto al medio ambiente, la geotermia ocupa un lugar destacado. "El objetivo es llegar a producir 50 Mw/año en el año 2020 pero para ello es necesario un sistema de incentivos y un marco retributivo estable", indicó Marcos. En la figura 9 bis se puede ver lo atentos que estaban los asistentes.

Sarah Keane (figura 10), portavoz de la European Geothermal Energy Council (EGEC) disertó sobre "Prospects of Geothermal Energy in Europe". La ponente se centró en las posibilidades, pero también en las debilidades y retos que debe afrontar la energía geotérmica en Europa.

A su vez, Keane apostó por potenciar una "Agenda de Investigación Geotérmica", documento clave para ejercer presión a la Unión Europea y así conseguir la financiación adecuada. En relación con los objetivos de la Unión Europea para 2020 de implantación de energía geotérmica, Keane se mostró poco optimista, ya que cree que son "poco realistas y que los países necesitan apoyos para conseguir esos objetivos".

Después de Sarah Keane intervinieron los dos representantes de la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA); en concreto con Rubén González, experto de la sección Geotérmica de Alta Entalpía, y con Íñigo Ruiz de Baja Entalpía (figura 11).

En primer lugar, Rubén González destacó el potencial geotérmico de España en este tipo de energía que se produce entre los 3.500 y los 4.000 m de profundidad. Habló de los dos proyectos de Alta Entalpía que ya existen en nuestro país: uno en Cantoblanco (Madrid) que produce 8 Mw térmicos, y otro en la provincia de Burgos destinado a usos industriales.

También recordó los fondos de los que dispone la APPA para apoyar proyectos de investigación en Alta Entalpía. A ese respecto comentó los trabajos que se están llevando a cabo en Sevilla para aprovechamientos de pozos profundos y los estudios que se están realizando en Alta Entalpía en Jaca y en Tenerife.

A pesar de su escasa implantación en España "la geotermia constituye un mercado laboral en expansión", señaló Íñigo Ruiz, también de la APPA pero de la sección dedicada a Baja Entalpía. Ruiz vaticinó que dará "muchos puestos de trabajo a diferentes profesiones como instaladores, perforadores, técnicos, ingenieros o geólogos". Aunque también reconoció que todavía "no tenemos especialistas porque apenas hay formación".

Íñigo Ruiz lamentó que a nivel privado los usuarios todavía no conocen la geotermia y reclamó más subvenciones y una mayor integración con otras energías renovables. Por ejemplo, "la bomba de calor que utilizamos para una explotación geotérmica de Baja Entalpía podría abastecerse mediante energía solar", precisó.

Una de las últimas intervenciones corrió a cargo de Javier Urchueguía (figura 12), portavoz de la Plataforma Tecnológica Española de Geotermia (GEOPLAT). Urchueguía destacó que por primera vez se dispone en Europa de una visión conjunta de las renovables térmicas, "con lo cual hay una previsión de crecimiento del sector térmico". Asimismo, comentó que el Ministerio de Ciencia e Innovación creó GEOPLAT por el potencial estratégico de la geotermia. También reconoció que uno de los objetivos es integrar la geotermia en el mix energético de calefacción y refrigeración renovable.

Por último, Rafael Varea (figura 13), responsable de Política Energética del Colegio de Geólogos, manifestó que "hacen falta políticos locales emprendedores que favorezcan proyectos de geotermia". En ese sentido, citó al pueblo alemán de Unterhaching (figura 14) como un ejemplo a seguir en España. El municipio de 25.000 habitantes, situado cerca de Múnich, "abastece a toda su población de calefacción y agua caliente". Además, "genera electricidad en una planta de ciclo binario de 40 Mw y cobra 6 millones de euros al año por la energía producida durante las 24 horas del día", explicó.

Varea abogó también por un mix energético futuro donde "estén todas las energías y que no excluya la geotermia". En esa línea recordó que el ICOG se ha puesto en contacto con la Secretaría de Vivienda del Ministerio de Fomento para que se incluya la geotermia en el Código Técnico de Edificación y así "las nuevas construcciones lleven instalaciones geotérmicas, como ya ocurre con las placas solares", finalizó.

Acto de clausura

Como colofón final, el presidente ejecutivo de IFEMA, Luis Eduardo Cortés, fue el encargado de clausurar la jornada, flanqueado por el vicepresidente del ICOG, José Luis Barrera, y el moderador de la jornada, Rafael Varea (figura 15). Cortés agradeció a todos los asistentes su presencia, señalando la importancia que tiene la celebración de esta Jornada organizada por el ICOG, como ejercicio de toma de conciencia para una política energética limpia y sostenible.

Posteriormente a la Jornada técnica, en el stand del Colegio (figura 16) ofreció un vino español a todos los que quisieron pasarse por allí a intercambiar impresiones y establecer contactos profesionales.

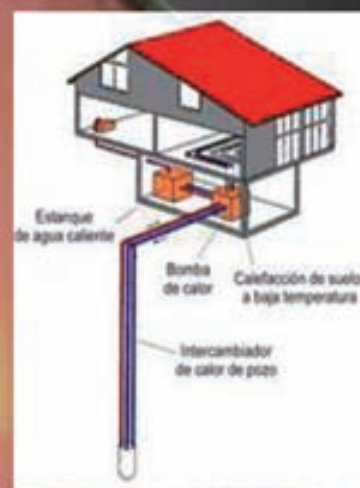
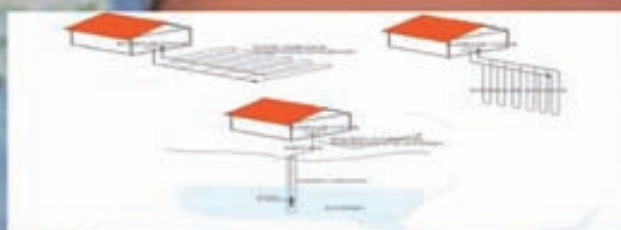


ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

C/ Raquel Meller, 7 - Local 28027 Madrid
91 553 24 03 icog@icog.es www.icog.es

III Curso de Especialista en Geotermia Somera aplicada a la edificación

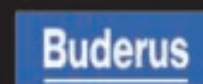
Del 2 al 4 de noviembre de 2011



	Antes del 15 de septiembre	Después del 15 de septiembre
No colegiados del ICOG	400 €	500 €
Socios de APPA y Geoplat	350 €	350€
Colegiados en activo del ICOG	200 €	250 €
Colegiados en situación de desempleo y estudiantes de últimos cursos	100 €	120 €

Colaboran

Dirigido a profesionales que trabajan en la edificación (Geólogos, Ingenieros de Caminos, Ingenieros de Minas, Ingenieros Industriales, Ingenieros Técnicos de Minas, Arquitectos, Arquitectos Técnicos, Constructores, etc) y estudiantes de los últimos cursos.



El arte de esculpir el planeta: la Geología y el 'Land Art'

El *Land Art*, también llamado *Earthworks*, es una expresión del arte contemporáneo que nace a finales de los años sesenta del siglo XX y cuya esencia radica en convertir el propio paisaje, el espacio natural, en el material plástico con que trabaja el artista. Aunque conviene no olvidar que algunos autores entienden que el *Land Art* no es ni un movimiento ni un estilo, sino una actividad artística circunstancial que no tiene ni programas ni manifiestos artísticos, y con intereses u objetivos diferentes según el artista que los realice.

TEXTO | Tonia Raquejo. Profesora de Arte Contemporáneo de la UCM

Palabras clave
Land Art, arte

¿Qué tiene que ver la Geología con un bidón de alquitrán derramado en una ladera? Para un artista como Robert Smithson (1938-1973) el arte y la Geología compartían una preocupación común; esto es, cómo se organiza la materia tras un proceso dinámico en el transcurso de un tiempo. Smithson, probablemente el artista más representativo del *Land Art*, entendió sus *earthworks* (obras realizadas en el espacio abierto del territorio) como una materialización de los procesos dinámicos que tienen lugar en la Tierra. Para su *Asphalt Rundown* (Roma, 1969, figura 1) registra el deslizamiento del asfalto derramado por un camión sobre una ladera de escombros. El asfalto recorre el talud de esta escombrera a la manera que la lava discurre por la ladera de un volcán, o a la manera en la que el hielo se desliza por un valle glaciario¹; sólo que en la obra de Smithson podemos

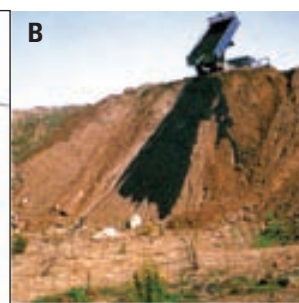
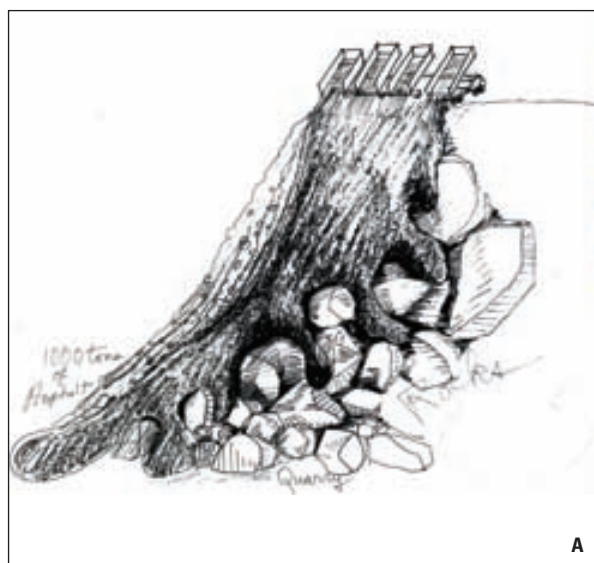


Figura 1. Robert Smithson, *Asphalt Rundown* (Roma, 1969). a) 1000 Toneladas de Asfalto, 1969, Tinta-Lápiz y tiza sobre papel, 45,7 x 60,1 cm. b) Derramamiento de asfalto, serie de diapositivas en color de 35 mm. Fotos: Estate of Robert Smithson.

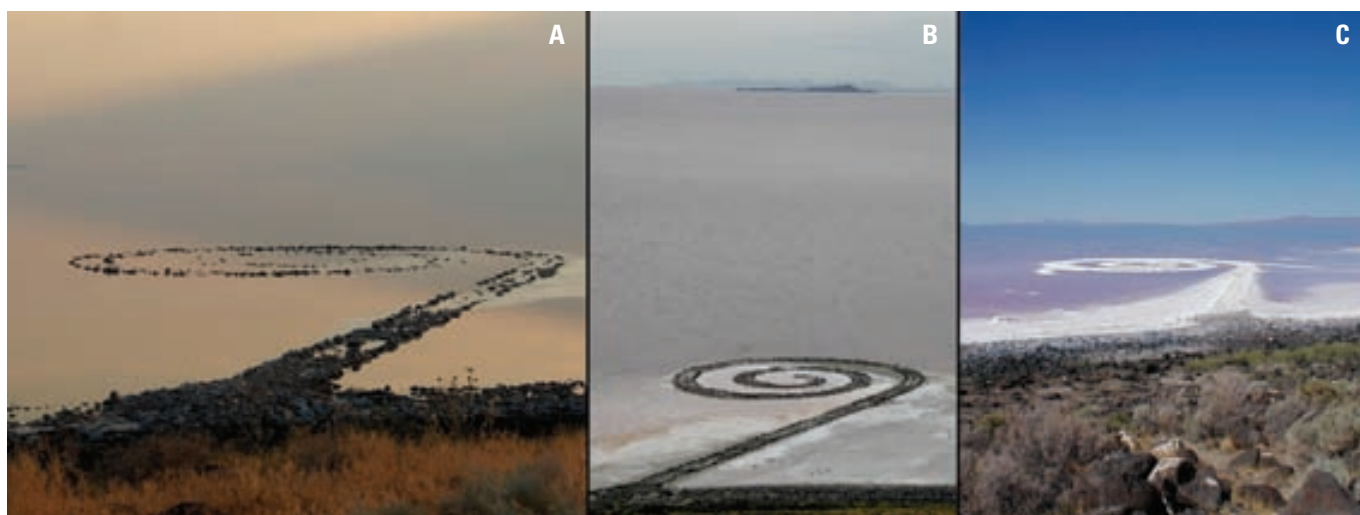


Figura 2. Robert Smithson: *Spiral Jetty* (Utha, Gran Lago Salado), 1970. a) RLHall. 2010. ID: 43689990. Panorámico. b) Aubty. 2009. ID: 24405713. Panorámico. c) RLHall. 2010. ID: 43689252. Panorámico.

1. Smithson obtiene un ejemplar de *Principles of Geomorphology* de Don J. Easterbrook, libro que se publica en el mismo año (1969) que realiza su *Asphalt Rundown* "y sus dibujos de aquel momento parecen imitar los flujos aluviales reproducidos en el libro", según Lingwood, James y Gilchrist, Maggie, en "El Entropólogo", en Robert Smithson. *El Paisaje Entrópico. Una retrospectiva 1960-1973*, Valencia, IVAM Centre Julio González, 1993, p. 23.

visualizar el proceso de arrastre y sedimentación al haberlo comprimido a nuestra escala, pudiendo percibirlo en un tiempo resumido.

Su pasión por la Geología le llevó a experimentar en su imaginario el vértigo del tiempo profundo, y la inestabilidad constante de la materia. Veía en los micromovimientos de una pequeña piedra (que según él, podía tardar dos millones de años en moverse 30 cm)² un reposo activo, algo así como un movimiento contenido o latente, responsable, finalmente, de los grandes cataclismos hacia los que, por cierto, no sentía tanta fascinación, pues los consideraba más bien imágenes espectaculares de procesos profundos no visibles³, que son los que le interesa materializar en sus *earthworks*.

En su trabajo más célebre, *Spiral Jetty* (1970, figuras 2 y 3), Smithson construye un muelle en espiral en el Gran Lago Salado de Uta. Construido con los basaltos y calizas que conforman la ribera oriental del lago, la espiral se adentra en el agua con voluntad masiva, insistiendo en su carácter matérico y en su fisicidad, de tal manera que interactúa con los fenómenos climáticos y geodinámicos. Así, por una parte, las fluctuaciones estacionales del nivel de agua del lago hacen que la espiral se sumerja a veces temporalmente, y otras aflore por encima de la superficie del agua; por otra parte, y debido a la alta salinidad de la zona, se forman cristales de sal en el borde de las piedras de basalto creando otras espirales que, para Smithson, no hacen sino mostrar (con una línea argumental que conjuga los datos científicos con la ficción artística) cómo la materia se organiza siguiendo un patrón, el de la espiral. Y ésta se refleja tanto en nuestra escala (representada por la espiral que construye en el lago), como a nivel molecular (visible en la formación de los cristales de sal que se forman paulatinamente a su alrededor), y a nivel macro-estelar. Esta última escala, claro está, no es visible en el propio muelle. Para visualizarla necesita otros medios: una cámara con la que construye un mundo virtual que le permite desarrollar el contexto geocosmológico donde sitúa su espiral. En esta mítica película, grabada en 16 mm (*The Spiral Jetty Film*, 1970) Smithson filma su obra ya acabada desde un helicóptero cuyo vuelo dibuja en el aire otra espiral, primero concéntrica, después excéntrica, para finalmente ubicarla en el cielo, cosa que logra mediante el efecto óptico que producen los reflejos del cielo en el agua, de tal manera que la cámara parece filmar la obra como si ésta estuviera suspendida entre las nubes, haciéndose eco y reflejo de esa otra trazada en el lago. Una vez allí, suspendida



Figura 3. Vista aérea del Gran Lago Salado, con la espiral de Smithson (←) (Google).

en el firmamento, la espiral, o más bien, su reflejo, se convierte en la cuna de estrellas que dio lugar al universo, según narra el propio artista mientras la visionamos en la película.

Esta geocosmología acompaña un discurrir del tiempo impreciso, en el que el pasado más remoto puede llegar a identificarse con el futuro más lejano y así, en la película de su *Spiral Jetty* crea también un contexto paleogeológico que le permite hablar de la historia de la Tierra a la que compara con una historia escrita en un libro

cuyas páginas están rotas en pequeños pedazos, muchos de ellos perdidos. Smithson recupera algunos fragmentos de estas páginas con su cámara cinematográfica, que funciona como una máquina del tiempo y nos hace viajar por los mapas paleogeológicos hacia el pasado, tan pronto cómo nos trae al presente tan sólo para mostrarnos cómo el planeta muta constantemente. Y así, contextualiza su obra en la deriva de la tectónica de placas, una teoría entonces recién extendida en el mundo académico. De hecho, su espiral es, en cierto sentido, el resultado de la deriva de dichas placas, cuyas trayectorias investiga a través de los mapas del supercontinente de Gondwana que filma yuxtaponiéndolos a otros de épocas geológicas más recientes hasta llegar al estado actual. La materia, sea un continente o su espiral construida, es esculpida por los procesos geodinámicos y atiende a un final entrópico que Smithson proyectaba como el único horizonte certero en un marco de incertidumbre general: “creo que la mayoría de nosotros somos muy conscientes de la escala del tiempo geológico, de la gran dimensión del tiempo que se ha dedicado a esculpir la materia... pienso en términos de millones de años, incluyendo épocas en las que la especie humana no estaba por aquí”⁴.

En su trabajo más célebre, *Spiral Jetty* (1970), Smithson construye un muelle en espiral en el Gran Lago Salado de Uta

2. Smithson, Robert, The Collected Writings, Flam, Jack (ed.), L.A. University of California Press, 1996, p. 251.

3. “It is a slow process of destruction. The catastrophe comes suddenly, but slowly”: Smithson, Robert, The Writings, p. 250

4. Smithson, Robert, The Writings, p. 248.

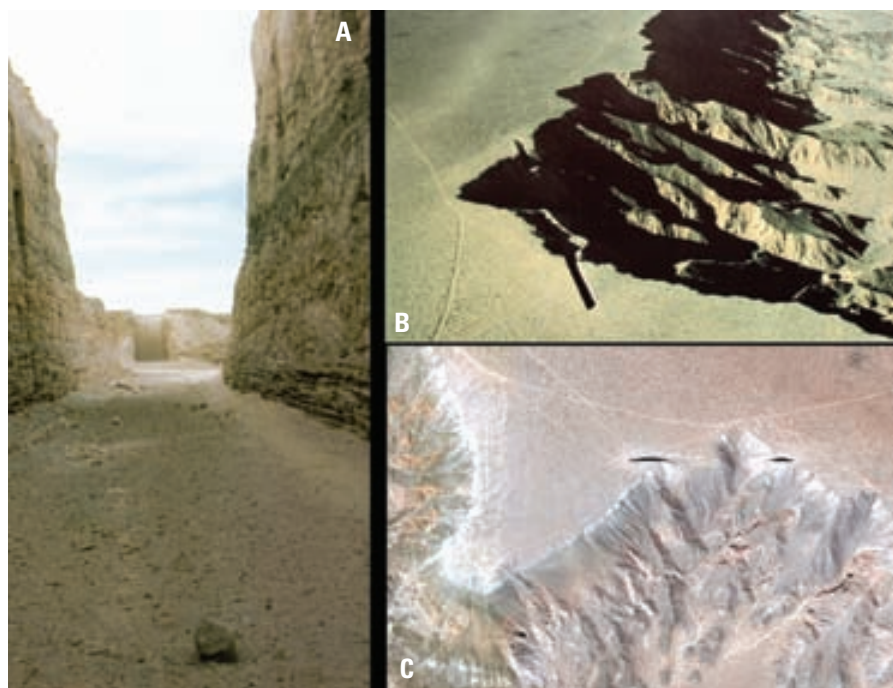


Figura 4. Michael Heizer: *Double Negative*, Desierto de Nevada, 1969-70. La obra de M. Heizer pertenece al Museo de Arte Contemporáneo de Los Ángeles (www.moca.org/). a) y b) Las fotografías son de Gianfranco Gorgoni; Sygma. c) Google Earth, 2011.

Para la gran mayoría de los artistas del *Land Art*, la obra de arte no está puesta en un lugar, sino que es el lugar

otros, porque en el fondo de la materia y de la letra impresa encontramos el inicio de una cantidad abismal de fisuras. Las palabras y las rocas contienen un lenguaje que sigue una sintaxis de grietas y roturas. Contémplese cualquier palabra durante el tiempo suficiente y se verá a la misma abrirse siguiendo una serie de líneas de falla, y convertirse en un terreno de partículas...⁹. "Organizar esta confusión en modelos, retículas, y subdivisiones es un proceso estético que apenas ha sido tocado"¹⁰. Pero a Smithson no le interesa ordenar, sino colaborar con la entropía, esto es, contribuir a que las clasificaciones pierdan sus retículas y los materiales (rocas, imágenes, palabras, pensamientos, cristales...) se mezclen de la misma manera que ocurre en una "sedimentación mixta", que él interpreta como un ejemplo de los procesos entrópicos de la Geología¹¹. Por eso, sus obras son difícilmente abordables si no las contextualizamos en sus escritos, en sus dibujos y en sus derivas geológicas.

Para la gran mayoría de los artistas del *Land Art*, la obra de arte no está puesta en un lugar, sino que *es* el lugar. Michael Heizer (n.1944) nieto de geólogos (su abuelo materno, Olaf P. Jenkins) e hijo de conocido antropólogo (Robert Fleiming Heizer), considera que el principal material del arte es la propia Tierra. Su *Double Negative* (1969-70, figura 4) realizada en el desierto de Nevada, da constancia de su fascinación por la obra a gran escala, así como de su sensibilización a los procesos geodinámicos que "esculpen" el territorio. Situada en la *Virgen Mesa* o *Mormon Mesa* (Overton, Nevada), la obra de Heizer interactúa con los procesos geológicos del lugar de tal manera que funde dos tiempos: el biológico humano, con el geológico. Para su ejecución, Heizer removió unas 218.000 toneladas de margas para

Smithson combate el etnocentrismo y entiende que la humanidad no es sino una especie que vive en un tiempo muy reducido, y cuya trayectoria —también sujeta a la entropía— acabará en un futuro quizá no "lejano" si atendemos a la escala del tiempo profundo. Es más, en un artículo titulado *Una sedimentación de la mente: Proyectos de la Tierra*⁵ establece una metáfora entre los procesos geodinámicos y los mentales, a los que trata como materia, inventándose lo que él llama la "geología abstracta": "La mente de uno y la tierra —escribe Smithson— están en un estado de erosión constante; los ríos mentales desgastan riberas abstractas; las ondas cerebrales socavan acantilados de pensamiento; las ideas se descomponen en piedras de desconocimientos; y las cristalizaciones conceptuales se separan formando depósitos de razón arenosa"⁶.

El tiempo esculpe, por tanto, la fisicidad de los productos mentales que, como la orografía de la Tierra, muta constantemente estando sometida a ciclos de erosión, derrames, derrumbamientos, apilamientos de capas de memoria..., términos con los que Smithson aborda también el estudio de las culturas, siguiendo las propuestas de

Levi-Strauss para quien en vez de hablar de antropología, deberíamos hablar de *entropología*⁷, por adecuarse más a los contenidos de los procesos que sufren todas las civilizaciones, esto es, un progresivo desgaste que derivará en una desintegración. Bajo las mismas premisas, Smithson entiende la actividad artística, tanto de su obra (sometida, por estar al aire libre, a los continuos procesos como cualquier otro elemento de la naturaleza), como la de otros artistas más tradicionales: "La obra de Jackson Pollock —escribe— tiende hacia una sensación torrencial de *materia* que hace que sus cuadros parezcan salpicaduras de sedimentos marinos. Los depósitos de pintura producen capas y cortezas que no sugieren nada "formal", sino más bien una metáfora física sin realismo ni naturalismo... La idea racional de la pintura comienza a desintegrarse y a descomponerse dando lugar a muchos conceptos sedimentarios... Una sensación de la Tierra como mapa que está sufriendo cambios conduce al artista a la comprensión de que nada es seguro ni formal. El propio lenguaje se convierte en montañas de escombros simbólicos"⁸. "Los nombres de los minerales y los propios minerales no se diferencian mucho unos de

5. El artículo se publica por primera vez en ArtForum, Nueva York, 1968; puede consultarse en Smithson, Robert, "A Sedimentation of the Mind: Earth Projects", The Writings, pp.100-113.

6. Smithson, Robert, "A Sedimentation...", The Writings, p. 100. Puede encontrarse traducción española en: Robert Smithson. El Paisaje Entrópico. Una retrospectiva 1960-1973, Valencia, IVAM Centre Julio Gonzalez, 1993, pp.125-132.

7. Smithson, Robert, The Writings, pp. 256-57.

8. Smithson, Robert, "Una Sedimentación de la Mente..." en Robert Smithson. El Paisaje Entrópico. Una retrospectiva 1960-1973, p.130.

9. Smithson, Robert, "Una Sedimentación de la Mente..." en Robert Smithson. El Paisaje Entrópico. Una retrospectiva 1960-1973, p.129.

10. Smithson, Robert, "Una Sedimentación de la Mente..." en Robert Smithson. El Paisaje Entrópico. Una retrospectiva 1960-1973, p.125.

11. Smithson, The Writings, p. 256.



Figura 5. Walter de María: *Lightening Field* (Nuevo México, 1974-1977). Dia Art Foundation, New York. www.diacenter.org/

Walter instala 400 postes de acero inoxidable, dispuestos de manera calculada para que atraigan las tormentas

para interpretar las capas no visibles. En *Vertical Earth Kilometer* (1977), Walter de María (n. 1935) introduce una barra de metal de 5 cm de diámetro y de mil metros de longitud en el suelo de la plaza de Friedrichsplatz (Kassel). De esta barra hincada, sólo es visible la superficie de la cabeza, que enmarcada en una plancha de cemento, ayuda a localizar la obra. La barra, como un testigo, atraviesa las capas de materia que se han ido conformando y apilado en la corteza, funcionando así como una columna del tiempo profundo. El modesto aspecto de la obra —resumido en un disco plano metálico de 5 cm de diámetro—, no satisface el ansia visual a no ser que imaginemos la proyección hacia dentro en toda su profundidad, leyendo mentalmente entonces lo que se oculta.

Ahora bien, si en *Un kilómetro vertical* Walter de María desvela los procesos a partir de una imagen oculta, en su célebre *Lightning Field* o *Campo de Relámpagos* (1974-1977, figura 5) ocurre al revés: son los propios procesos los que se hacen visibles y, en este caso, de manera espectacular. Esta obra se extiende en una vasta área que comprende 1 milla por 1 km cuadrado en Quemado, Nuevo México. Allí instala 400 postes de acero inoxidable de unos 5 cm de diámetro, y unos 6 m de altura, dispuestos de manera calculada para que atraigan las tormentas a su paso por el desierto en la época más tormentosa de la zona: de mayo a junio. De María crea, por tanto, una zona de atracción energética, ya que los postes funcionan como atractores de los rayos que se descargan creando formas que a veces dibujan verdaderas redes de luz en el firmamento. El cielo, y los fenómenos atmosféricos son, para el artista, tan importantes como el elemento Tierra; de hecho forman parte integral de la Tierra y son responsables de catalizar procesos atmosféricos de gran inestabilidad. El artista y el planeta trabajan así conjuntamente: el primero sólo pone trampas, sus *earthworks*, para atrapar visualmente los procesos dinámicos que en el transcurso del tiempo esculpen sin cesar la Tierra.

Este artículo está dedicado a Luis Ismael Ortega Ruiz, en cuya mirada convergen la Geología y el arte.

excavar en las cárcavas, una trinchera artificial cruzada en dirección norte-sur. Sus dimensiones (9 m de ancho por 15 m de profundidad y medio km de largo) compiten con las dimensiones de las cárcavas naturales. Ahora bien, mientras éstas han sido esculpidas por la propia dinámica de la erosión del agua sobre las margas necesitando de un tiempo relativamente dilatado para formarse, su *Double-Negative* ha acelerado el proceso. Así, valiéndose de maquinaria pesada (cuya actividad equivaldría a la acción erosiva del agua), fue quitando materia dejando el vacío del tiempo; un tiempo que aquí responde al hacer humano (a la alteración antrópica del paisaje) y que convive, y además contrasta, con ese otro que resulta en erosión. Este *earthwork* (nótese que el propio término sugiere ser “una obra de la Tierra”) presenta así una ambigüedad creadora: los propios procesos geodinámicos generan “esculturas” que conviven con aquellas otras creadas por el artista, cuyo objetivo estético es, además, mimetizar los procesos dinámicos del planeta. La escultura, pues, se origina a base de vaciar materia, de crear vacío: “no hay nada allí, y sin embargo es una escultura”¹², advierte Heizer. No obstante, el título de su obra sugiere que hay un doble vaciamien-

to, una doble negatividad que el artista consigue negando un centro a su escultura, pues, en efecto, cuando nos disponemos a recorrer el pasillo de casi medio km que tiene su obra, advertimos, una vez dentro, que lleva a ninguna parte, o si se quiere, que nos conduce a otro vaciamiento, ya que ese pasillo-corredor atraviesa la cabecera de una cárcava natural, cuyo vacío coincide con el centro de la obra de Heizer. De esta manera, el artista superpone ambas (la cárcava natural y la antrópica) creando en el corazón de su creación un lugar muy poco propicio para el transeúnte, negándole el recorrido y plantándole delante del vacío que no puede habitar, expulsándole, por tanto, de un espacio que no puede colonizar ni antropomorfizar.

La materia que falta en el lugar de las cárcavas está rellena de tiempo, pero este tiempo no es perceptible a los ojos, pues ante el vacío no encuentran dónde sostener la mirada que finalmente se precipita en la nada. La obra de Heizer se construye sobre el vacío, de la misma manera que la historia geológica se reconstruye sobre lo que ya no está. Tanto el espectador del arte como el geólogo, visualizan mentalmente los procesos que se manifiestan en las formas remanentes en superficie

12. Véase http://doublenegative.tarasen.net/double_negative.html

La música de las estrellas

Lo que el universo representa para la humanidad ha sido y es, hoy en día, el campo científico más difícil de reflejar en el terreno de la expresión artística; en concreto, el más complejo a tratar en la creación musical. Los compositores han manifestado un profundo respeto a la hora de utilizar elementos descriptivos y narrativos asociados a la astronomía, la geología o la filosofía. La inmensidad a la hora de representar lo que significa la unión de estos campos en la emoción humana es una difícil tarea de abstracción musical.

TEXTO | Carlos González Martínez, compositor, pianista y crítico musical

Palabras clave

Holst, los planetas, Star Wars, John Williams

Pitágoras fue el pionero en la teorización de un sistema de afinación completo basado en proporciones matemáticas y, al mismo tiempo, uno de los primeros astrónomos de quien tenemos conocimiento. El sistema de afinación que propuso se basó en la división perfecta de los intervalos musicales según la longitud de una cuerda. Esto permite definir las alturas de tono. Este orden es similar al que pretendía con la explicación del paradigma del movimiento circular perfecto de las órbitas del Sol y los planetas, así como sus velocidades. La interrelación entre el orden de la música y la astronomía cobró una importancia vital, y no han sido muchos músicos los que se han atrevido a versar sobre este tema.

Desde mi punto de vista, la música sinfónica de nuestra cultura occidental es la que mejor ha reflejado el sentimiento que nos producen las estrellas y los planetas. Voy a analizar, por un lado, *Los Planetas* de Gustav Holst, partitura entramada a modo de poema sinfónico. Y, en la segunda parte de este artículo, haré referencia a

Star Wars Suite de John Williams, pieza más moderna basada en la película homónima y asociada a la ciencia ficción.

Evolución en la orquestación

El compositor inglés Gustav Holst (1874-1934), natural de Gales, fue uno de los grandes estudiosos de la orquestación de su tiempo. Notablemente influenciado por Maurice Ravel, el padre de esta especialidad, dedicó una atención particular al protagonismo de los instrumentos de viento en la orquesta. Holst era trombonista y dedicó buena parte de su carrera musical a la enseñanza en la St. Paul's Girls' School en Hammersmith (Londres). Su preocupación por la combinación de timbres apareció reflejada en sus composiciones con fines pedagógicos. *Los Planetas*, la obra que nos ocupa, fue compuesta en esta época y es su creación más conocida. Los detalles de armonía y colorido exóticos que aparecen en esta obra son especialmente interesantes. Su preocupación por plasmar un programa está acentuada por su fina sensibilidad

imaginativa a la hora de evocar ideas extramusicales (Grout y Palisca, 1996).

La primera ejecución de *Los Planetas* tuvo lugar en 1918, y a partir de entonces adquirió una enorme reputación como una de las obras orquestales más interpretadas de la historia. La partitura se articula como una gigantesca suite para orquesta sinfónica en siete movimientos: Marte, Venus, Mercurio, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Plutón no aparece porque fue descubierto en 1930 por el astrónomo estadounidense Clyde William Tombaugh. Cada movimiento lleva un subtítulo asociado a las divinidades de la mitología grecorromana. Según palabras del propio Holst la obra trata sobre "las siete influencias del destino y componentes de nuestro espíritu". Son piezas bitemáticas con un programa definido y no combinan melodías similares entre sus partes. Las estructuras de los números de la suite responden a patrones clásicos, muy sencillos. Son formas binarias y ternarias con reexposiciones claramente definidas (figura 1).

The image shows a musical score for the first three measures of the 'Allegro' section of 'Los Planetas'. The score is written for Violin I, Violin II, Viola, Violoncello, and Double Bass. The time signature is 5/4. The key signature has one flat (B-flat). The tempo is marked 'Allegro'. The score features a repeating triplet pattern in the lower strings (Violoncello and Double Bass) and a similar pattern in the upper strings (Violin I and Violin II). The Viola part has a different rhythmic pattern, consisting of eighth notes.

Figura 1. Partitura de Los Planetas.

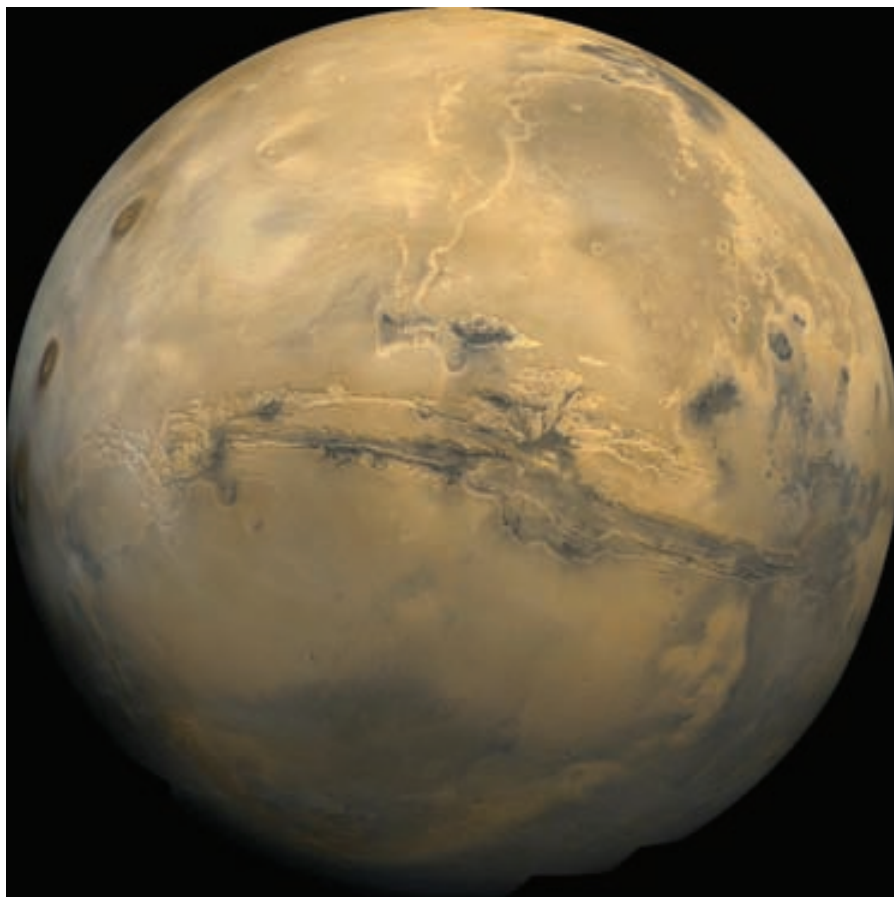


Figura 2. Marte.

Marcha de guerra

El espectacular *ostinato* (ritmo breve repetido siempre igual) marcial en compás de cinco partes introduce el comienzo de *Los Planetas* con el primer número: *Marte* (figura 2). El tema dibuja sin cesar el intervalo de tritono, agresivo y mágico al

mismo tiempo. Las notas tenidas del tema contrapuntean con el ritmo incisivo de la marcha, que aparece en los instrumentos de cuerda, dos arpas y el refuerzo de un timbal tocado por baquetas de madera. La gigantesca masa orquestal, con maderas a cuatro y un cuerpo compacto de metales

se desarrolla en un gigantesco *crescendo* en la sección central. El clímax vuelve con el *ostinato*, tocado en unísono por todos los instrumentos. Esta pieza ha influenciado de manera reiterativa a los compositores de música de cine.

Venus es un delicioso número post-romántico que incorpora una melodía delicada, colorista y llena de matices. Los solos de violín y oboe son de una belleza sofisticada. Como contraste, Mercurio es un fugaz *scherzo* heredero del estilo del *Pájaro de Fuego* de Igor Stravinsky. Para dibujar líneas melódicas a gran velocidad emplea texturas complejas donde las líneas se van conectando entre los diferentes timbres.

Saturno (figura 3) utiliza acordes sencillos instrumentados de forma oscura. La secuencia de estos acordes no se desplaza de forma normal, se encadenan de manera simétrica, por tonos o de forma cromática. Esto genera bastante ambigüedad en el discurso de la melodía, y al mismo tiempo un efecto oscuro y siniestro. Esta forma de construir el discurso musical recuerda a *Dafnis y Cloe* de Maurice Ravel.

Centelleos tímbricos

Júpiter (figura 4) es el claro arquetipo de una forma ternaria articulada en bloques sonoros de gran densidad, pero perfectamente definidos. El tema principal se desarrolla a través de un acompañamiento con acordes por cuartas, que figuran entre los más exóticos que utilizaban los compositores por aquella época. Otros ejemplos de juegos de color son los de Urano, con sus toques secos del xilófono y los ataques picados de las maderas, y Neptuno, que toma prestada la idea de coro femenino sin texto de los *Nocturnos* de Debussy. El pasaje final con los sutiles diseños de arpeggios de la celesta y el arpa es de una sorprendente fantasía mística. Las técnicas de composición de los planetas son triádicas (con acordes sencillos) y modales, y están animadas por una serie de toques audaces, especialmente por las frecuentes medidas irregulares (Morgan, 1994).

La partitura de Holst ha sido una fuente de inspiración para futuros creadores. Como hemos visto, emplea las técnicas de composición y disposición de los timbres orquestales más modernos, que se inventaron a principios del siglo XX. Al mismo tiempo, fusiona diversos estilos, como el impresionismo y el post-romanticismo, y hace referencia a compositores tan interesantes como Stravinsky, Debussy o Ravel. La influencia de este trabajo y todos sus elementos se hace patente en la música de John Williams para la película *Star Wars*.

'Leitmotiv' cinematográficos

El compositor americano John Williams nació en 1932 en Nueva York. Desde muy pronto ganó la admiración por parte de la industria debido a su

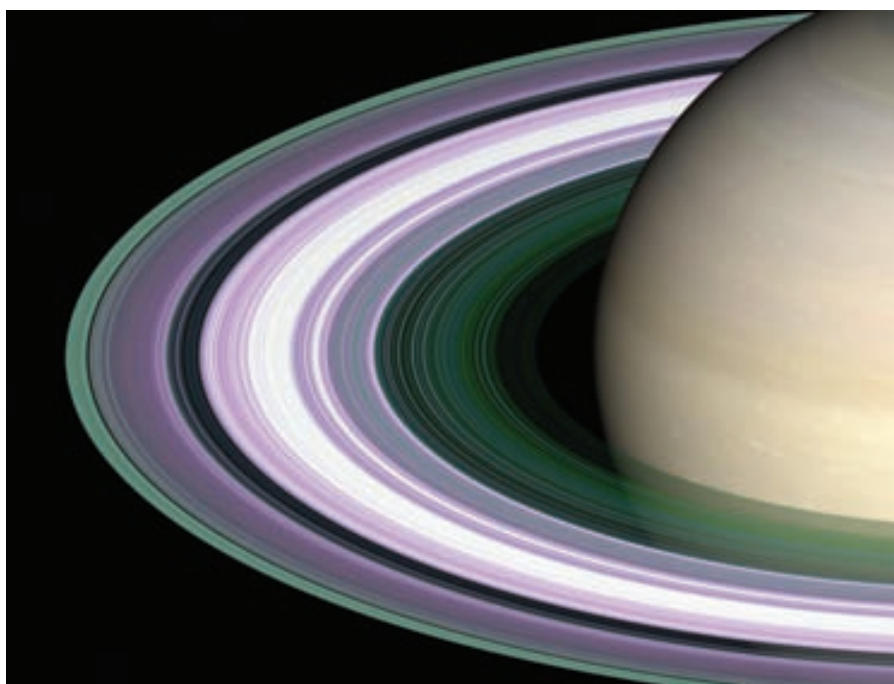


Figura 3. Saturno.



Figura 4. Júpiter.

gran capacidad como orquestador, intérprete y su versatilidad tanto en el campo del jazz como en el de la música sinfónica. La obra cumbre de su carrera creativa es la música incidental para las tres primeras películas de la saga *Star Wars*. En palabras de George Lucas, su director, la música es el hilo conductor de la acción narrativa y los personajes. Una de las características más importantes de su estructura musical consiste en la cuidadosa selección del instrumento a utilizar en cada momento. Y, sin lugar a dudas, lo más representativo es la utilización de la técnica de *leitmotiv* de Richard Wagner. Cada personaje está asociado a un tema que se va transformando en función de la acción narrativa y la situación emocional en la que se encuentra. Asimismo, el estilo compositivo recuerda al de *Los Planetas*, ya que fusiona los más representativos de la primera mitad del siglo XX. Éstas son las bases del sinfonismo cinematográfico, que nació con Max Steiner y Alfred Newman, creció con Max Steiner y maduró con Williams.

Aunque la música de *Star Wars* se ha catalogado como sinfonismo romántico, las referencias al impresionismo, expresionismo, música textural y polimodalismo son muy notables. La composición con el *leitmotiv* necesita de infinidad de recursos armónicos y de desarrollo temático.

Para la ejecución en salas de concierto, John Williams recuperó los temas más importantes en una *suite* de cinco movimientos. Cada uno desarrolla el tema del personaje sobre una serie de transformaciones en los acompañamientos y la orquestación, sin modificar las notas de la melodía. El tema principal es uno de los más conocidos en la música cinematográfica. Consiste en una fanfarria de metales que comienza con un intervalo de quinta, y se acompaña con un *tutti* orquestal articulado de forma rítmica. Los bloques de acordes separados en distancias que no están dentro de una escala generan una sorpresa peculiar. Estos sonidos producen la sensación

de estar vagando por el espacio. Diría que es un espacio carente de "gravedad tonal". No hay atracción hacia un acorde en concreto. Esta ausencia de tono principal es uno de los efectos mágicos del estilo compositivo de Williams. De la misma forma, los mismos recursos armónicos aparecen en la melodía de *Yoda*, un tema con fuertes implicaciones románticas pero rebosante de sorpresas en el discurso de los acordes.

Marcha Imperial

El tema de *Darth Vader* (figura 5) es otro ejemplo de experimentos en la armonía. El motivo principal utiliza acordes ambiguos, que pueden entenderse dentro de las escalas de distintas tonalidades. El nexo común es que todos son menores y contribuyen a crear un espacio musical oscuro y muy dramático. La utilización de un acompañamiento de notas repetidas, similar al de *Marte de Los Planetas*, traza un fuerte nexo de unión entre ambas partituras. El tratamiento de la repetición, el *ostinato*, es un elemento particular a la hora de expresar la tenebrosidad y la parte más siniestra del espacio.

La música de John Williams es un arquetipo modélico en su estilo, ha sido imitada por muchos otros compositores para crear emociones similares. El poder de comunicación de la transformación temática, asociado al dominio sonoro de las proporciones instrumentales son los elementos más poderosos dentro de este estilo.

Plantilla instrumental

Ambas obras, *Los planetas* y *Star Wars*, emplean plantillas orquestales de dimensiones espectaculares: cuerdas, maderas a tres y a cuatro, metales a cuatro y a seis, arpa, piano, celesta, y multitud de percussionistas. Las disposiciones de bloques de instrumentos aparecen con las técnicas de los compositores rusos, aprovechando todo el ámbito orquestal y colocando los vientos en la tesitura aguda. El brillo de esta disposición recuerda a las bandas militares americanas. Por otro lado, las sonoridades de acordes suelen utilizar la técnica de engranaje. Esto es, por ejemplo, la superposición de dos flautas sobre dos oboes aparece modificada a favor de una flauta sobre un oboe y más agudo otra flauta sobre otro oboe. Esta técnica se empezó a utilizar frecuentemente en la obra *Scheherazade* de Nikolai Rimsky-Korsakov, que data de finales del siglo XIX.



Figura 5. Inicio de la Marcha Imperial de Star Wars.

Movimientos de las 'suites' de 'Los Planetas' y 'Star Wars'

Movimientos de la *suite Los Planetas*:

- I. Marte. El mensajero de la guerra
- II. Venus. El mensajero de la paz
- III. Mercurio. El mensajero alado
- IV. Júpiter. El mensajero de la alegría
- V. Saturno. El mensajero de la vejez
- VI. Urano. El mago
- VII. Neptuno. El místico

Movimientos de *Star Wars Suite*:

- I. Tema principal
- II. Tema de la princesa Leia
- III. Marcha Imperial (tema de Darth Vader)
- IV. La habitación del trono & Créditos finales

Recomendaciones discográficas

Holst: *The Planets*. Charles Dutoit. Montréal Symphony Orchestra. Cd Audio. Decca B0000041S7. 2007.

John Williams Conducts John Williams: *The Star Wars Trilogy*. Cd Audio. Sony B000002712. 1991.

Conclusión

El estudio de las obras referidas a la temática cósmica nos lleva a un problema filosófico vinculado a la expresión musical. Las emociones musicales más profundas son un reflejo de la situación del individuo en el mundo. La interpretación a gran

escala de lo que el universo refleja en un compositor demanda un interés especial en las técnicas de creación y en las dimensiones de la forma y la orquestación. Me atrevería a decir que este género, lo que podríamos llamar *cosmología musical*, merece una atención especial dentro del marco de

la composición. Buena parte de la evolución de las herramientas y los mecanismos de expresión han estado fuertemente subrayadas en este campo. El poder de la música permite situar lo mágico de las emociones descriptivas cuando nos quedamos deslumbrados frente a la inmensidad del universo.

Bibliografía

J. Grout y V. Palisca (1996). *Historia de la música occidental*.

R. P. Morgan (1994). *La música del siglo XX*. Madrid, editorial Akal. 566 pp.

CRID, Centro Regional de Información de Desastres (www.crid.or.cr)

The US Agency for International Development (www.usaid.gov)

Promoción especial para el Colegio de Geólogos y familiares directos

Servicios gratuitos:

- Visita (consulta i revisión)
- Ortodoncia (1a visita)
- Visita prótesis
- Fluoración (infantil y adultos)
- Radiografías intraorales
- Extracción de puntos de sutura

Servicios por sólo 20 €:

- Extracción dental simple
- Visita de urgencias de día
- Ortopantomografía
- Higiene dental
- Enseñanza de Higiene Oral

Hasta un 20% de descuento:

en el resto de tratamientos,
en cualquier especialidad.

Estética dental. Ortodoncia invisible.
Detección del cáncer oral. Tratamiento de ronquidos.



SERVICIO DE URGENCIAS

CON PRESENCIA DE DENTISTA 24horas/ 365días

Miravé Tuset Tuset, 36 bajos Barcelona 08006

Miravé Travessera Trav. de Gràcia, 71 bajos Barcelona 08006

Servicio de Atención al Paciente
sap@clinicamirave.es
www.clinicamirave.es

T: 932 176 889

Estrategia para la gestión del patrimonio volcanológico del Parque Natural de la zona volcánica de La Garrotxa

Se expone la estrategia elaborada para la gestión del patrimonio volcanológico, se comenta la diagnosis de la investigación, la conservación y la divulgación y las diferentes evaluaciones que se han realizado para determinar las líneas a seguir: principales carencias de conocimiento en el vulcanismo, cómo mejorar la conservación de los volcanes y los afloramientos y qué hace falta para divulgar los valores del vulcanismo.

TEXTO Y FOTOGRAFÍAS | Llorenç Planagumà i Guàrdia, geólogo, Avenida Santa Coloma s/n 17800 Olot lloren@tosca.cat.
Emili Bassols i Isamat, biólogo, Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa 17800 Olot y Dolors Ferrés i Lopez, geóloga, Universidad Nacional Autónoma de México, Delegación Coyoacán. C.P. 04510

Palabras clave

Geodiversidad, estrategia, vulcanismo, gestión, La Garrotxa, Olot, patrimonio geológico

La elaboración de la estrategia para la gestión del patrimonio volcanológico en el Parque Natural de la zona volcánica surge de la necesidad del equipo gestor del Parque de evaluar el estado del conocimiento, la conservación y la divulgación del vulcanismo de La Garrotxa, uno de los patrimonios más valiosos de este territorio y uno de los principales objetos de protección del espacio protegido (*figura 1*).

El patrimonio geológico incluye materiales, formas y procesos que a menudo son la parte más desconocida del patrimonio natural. Éste integra varios elementos para su conservación y cada uno de ellos se debe conservar a través de diferentes medidas. Los elementos de grandes dimensiones que presentan un interés geomorfológico o morfoestructural como son la misma zona volcánica de La Garrotxa, el macizo de Montserrat o el Delta del Ebro están estrechamente relacionados con los elementos bióticos que lo forman. Por el contrario, las singularidades geológicas a escala de afloramiento no suelen traer asociados otros elementos de interés.

Este tipo de patrimonio de escala reducida que puede ir desde afloramientos que ilustran algún proceso geológico, surgencias o yacimientos paleontológicos, por poner algún ejemplo, son mucho más vulnerables y, a menudo, los daños pueden ser irreparables. Por ello hace falta poder mantener una conservación y gestión esmerada y eficiente antes de proceder a su divulgación. El patrimonio geológico a muy pequeña escala (representado por fósiles, minerales y estructuras almacenables, transportables y, eventualmente, comercializables) es aún más vulnerable que los afloramientos. Finalmente, a una escala intermedia tenemos la suma de diferentes afloramientos o yacimientos que tienen relación entre ellos y



Figura 1. Zona Volcánica de La Garrotxa. Más de 40 volcanes producto de la actividad eruptiva estromboliana, freatomagmática y efusiva que generan conos de escorias y cráteres freatomagmáticos.

que, en conjunto, representan alguna serie o proceso geológico notable; su vulnerabilidad se diferencia de los de dimensiones más reducidas al requerir más tiempo su destrucción.

Del mismo modo que la acción antrópica del hombre puede malograr irreversiblemente algunos de los elementos más significativos de nuestro patrimonio geológico, también puede ayudar a descubrir o revalorizar algún elemento de interés. Desgraciadamente, en nuestro país no hay ningún tipo de práctica para condicionar estos afloramientos o yacimientos; por ejemplo, en la construcción de una carretera se podrían condicionar determinados taludes que se consideren de interés mediante paneles informativos y un espacio para su observación. (Los dos párrafos

anteriores son un resumen del capítulo "Patrimoni geològic", d'e. Aragonés i J. M. Mallarach, del llibre *Natura, ús o abús?*)

En el patrimonio geológico del Parque Natural se pueden distinguir dos elementos principales: las morfologías volcánicas y los afloramientos. Su importancia está en la singularidad de los materiales que los constituyen, las formas características a que dan lugar y la representatividad de procesos geológicos que permiten interpretar, puesto que son el resultado de centenares de miles de años de actividad geológica.

La problemática en la gestión del patrimonio geológico recae en que constituye el apoyo de otros patrimonios: forestal, agrícola, industrial, urbanístico, etc., y el territorio del Parque Natural

es una zona humanizada, en su mayor parte de propiedad privada y económicamente muy activa. Por lo tanto, la gestión del sustrato volcánico presenta enormes dificultades porque debe permitir hacer compatible su preservación con el conjunto de usos que se desarrollan.

La estrategia para la gestión del patrimonio volcánico se elaboró durante el año 1999 y se utilizaron diferentes materiales de base como el Plan especial del Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa, documento inédito sobre el estado de las reservas en el Parque (1992), el *Patrimonio geológico* del MOPTMA y se consultaron otros estudios de referencia como por ejemplo la *Estrategia por la biodiversidad en Cataluña* y el *Libro blanco de la educación ambiental en España*. Finalmente, J. M. Mallarach hizo una revisión esmerada y la Junta de Protección lo aprobó en el año 2001.

Diagnosis

La estrategia incluye una diagnosis en los tres campos que plantea: investigación, conservación y divulgación, que deben servir como punto de partida para analizar las carencias en cada área y plantear las actuaciones a desarrollar en cada caso.

Diagnosis de la investigación

Para el análisis del estado de la investigación se establecieron, sobre la base de los estudios

La estrategia para la gestión del vulcanismo se elaboró durante el año 1999 y se utilizaron diferentes materiales de base como el Plan especial del Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa

desarrollados hasta el momento, siete ámbitos de conocimiento: caracterización de la actividad eruptiva, petrología y geoquímica del magma, estructura tectónica, geocronología, riesgo volcánico y sísmico, paleoclimatología y cartografía y catálogos.

Las carencias detectadas en la investigación sobre el vulcanismo de La Garrotxa se refieren principalmente a los ámbitos de la geocronología y de la caracterización de la actividad eruptiva (especialmente para algunos edificios volcánicos emblemáticos como es el caso del volcán Santa Margarita y su relación con otros edificios volcánicos

vecinos). En un segundo nivel de prioridad sería necesario desarrollar estudios para profundizar en los ámbitos de paleoclimatología, cartografía, estructura tectónica, riesgo volcánico y petrología.

Diagnosis de la conservación

El estado de conservación de los elementos volcánicos de interés se ha estudiado a partir de la revisión del Plan especial del Parque Natural de la Zona Volcánica y los planeamientos de aquellos municipios que incluyen parte de los valores del vulcanismo dentro de los planes, así como también algunos proyectos de restauración y planes de ordenación que afectan a algunos de los lugares objeto de esta estrategia.

En general, se puede afirmar que la geomorfología de los conos volcánicos ha mejorado porque se han parado las extracciones y por la aplicación de diferentes proyectos de restauración. No obstante, se constata en algunos casos una falta de gestión de usos del suelo adecuada para realzar la morfología de los conos y cráteres, causada, en gran medida, por la dificultad de actuar al ser la mayoría de titularidad pública y lograr acuerdos con los propietarios. Así, con el tiempo se produce la pérdida de visibilidad y posibilidad de observación de los afloramientos más significativos por vertidos de escombros, derrubios y crecimiento de la vegetación. En ciertos casos se ha reducido también la accesibilidad al público.

Grado de cumplimiento de las actuaciones del Plan especial del Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa

Los criterios de evaluación son los siguientes: del 25% de actuaciones realizadas —se ha realizado el Programa de actuación del Plan especial—; del 25% al 75% de actuaciones realizadas —Programa de actuaciones en realización—; del 75% de actuaciones realizadas —se han realizado las actuaciones del Programa del Plan especial—.

Actuación	Grado de cumplimiento	Observaciones
Plan especial de La Moixina	Realizado	Realizado
Bases cartográficas	Realizado	Se están ejecutando actuaciones puntuales
Plan especial Montsacopa	No realizado	Difícil de determinar el grado de cumplimiento por la carencia de un plan de ordenación del uso público
Ordenación uso público Fageda d'en Jordà, volcán Croscat y volcán de Santa Margarita	En realización	Las únicas que no se han parado son las extracciones en Can Barranc
Detener actividades extractivas (9)	Realizado (8)	Muchas están cubiertas por vegetación y desprendimientos. Se debería estudiar si todavía son necesarias este tipo de actuaciones
Restauración o condicionamiento de áreas excavadas (10)	No realizado (2)	Generalmente no se ha potenciado ninguna actuación concreta, porque en su mayor parte se trata de velar por el mantenimiento de los usos del suelo (agrícola y forestal). Sólo se deberían hacer actuaciones concretas en el volcán Roca Negra, cráter de Llacunagra y volcán Croscat
Potenciación de la identificación visual de la morfología volcánica (13)	No realizado (0)	Es difícil corregir tendidos eléctricos
Regularización y adecuación paisajística de edificaciones y tendidos eléctricos (7)	No realizado (1)	Aparte de las cinco actuaciones específicas que indica el Catálogo, se deberían condicionar 44 afloramientos más
Condicionamiento y señalización didáctica de afloramientos (6)	No realizado (1)	Muchos miradores han quedado descartados por peligrosidad (torre volcán Croscat) o por la prioridad de otras (torres de Montsacopa)
Recondicionamiento de miradores (5)	Parcialmente realizado (2)	Revisión de criterios de los programas de uso público, por los cuales se ha decidido potenciar otros itinerarios pedestres
Adecuación de itinerarios pedestres (6)	Parcialmente realizado (3)	
Áreas de aparcamiento y de ocio	Parcialmente realizado	
Rehabilitación de equipamientos de educación ambiental (2)	No realizado	Se ha decidido potenciar los equipamientos privados existentes y no crear nuevos

Sin embargo, estos procesos son reversibles y se pueden corregir con la aplicación de actuaciones adecuadas.

Diagnóstico de la divulgación

La posibilidad de que tanto la población local como la visitante conozcan los valores vulcanológicos se ha realizado a través del análisis de los productos y programas de divulgación que permiten una transmisión de los contenidos relacionados con el vulcanismo. Hay que tener en cuenta que estos productos y programas de divulgación son imprescindibles para la protección de la vulcanología. Se utiliza el término programas y productos divulgativos en sentido genérico e incluyen los programas educativos, los programas de información, las publicaciones, las actividades, los equipamientos y los servicios.

Este análisis se ha basado en los criterios y objetivos que establecen los programas de educación ambiental diseñados por el Área de Educación Ambiental, Divulgación y Uso Público del Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa. En estos programas se entiende la educación ambiental como un proceso educativo amplio que tiene como objetivo concienciar a la población sobre el medio ambiente a través de la asimilación de los contenidos necesarios para lograr aptitudes, capacidades y voluntad de participación en la prevención y solución de los problemas ambientales.

La divulgación de los contenidos sobre vulcanismo de la zona volcánica de La Garrotxa se desarrolla adecuadamente para todos los grupos de población a través de los programas educativos, comunicativos y de información proyectados por el equipo de gestión del Parque Natural.

Tipología de destinatarios. Las personas que, de una forma u otra, entran en contacto con los valores del Parque Natural pueden dividirse en dos grandes grupos, según el objetivo y el uso que hacen de este contacto con el territorio: la población local y la población no local.

- **Población local:** corresponde a los habitantes del Parque Natural. Se han establecido las siguientes tipologías: escolar, general, naturalista, técnica/política.
- **Población no local:** corresponde a la población visitante y también se puede dividir en cuatro tipologías: escolar, turística, naturalista y científica.

Se puede señalar como carencia principal en este sentido la falta de la "Carta geológica del Parque Natural" durante los últimos cinco años, la cual, si bien no constituye un recurso de divulgación básico para la población turística o general, sí lo es para el público naturalista, técnico o científico. Esta carencia se pudo solucionar con la edición de la nueva carta vulcanológica en 2007.

Objetivos

Objetivos generales

- A) Mejorar el conocimiento del vulcanismo en el Parque Natural de la zona volcánica de La Garrotxa.
- B) Conservar los valores geológicos y paisajísticos del vulcanismo.
- C) Educar a la población en los valores del vulcanismo.

Objetivos específicos

A

- A1) Elaborar una base de datos informatizada para facilitar el acceso en todo momento a la información en lo referente al estado de la investigación del vulcanismo de La Garrotxa.
- A2) Caracterizar la actividad eruptiva de los edificios volcánicos de Santa Margarita, de La Garrinada, de Montsacopa y de Traiter como prioritarios y los otros de interés preferencial.
- A3) Promover colaboraciones con universidades o centros de investigación para completar las dataciones de los edificios y coladas más significativos (reservas naturales y afloramientos de interés) del vulcanismo de La Garrotxa.
- A4) Proponer formas de integración de los estudios de riesgo volcánico y sísmico que se vayan generando en la gestión del territorio.
- A5) Definir las prioridades de la investigación en los trabajos que puedan surgir en los ámbitos de petrología, geoquímica, paleoclimatología y marco tectónico-estructural.
- A6) Elaborar cartografías geológicas a escala 1:25.000 de litología, tectónica, morfología, vulcanología e hidrología del ámbito del Parque Natural.
- A7) Planificar un seguimiento para integrar los nuevos datos que se obtengan de investigaciones, afloramientos, obras y sondeos en la base de datos informatizada, mencionada en A1.

B

- B1) Recuperar y conservar los prados y cultivos en los cráteres y en los pies de los conos para facilitar la observación e interpretación de la geomorfología de los edificios volcánicos.
- B2) Restaurar y conservar los afloramientos de interés en buen estado, crear una red de puntos de interés geológico y adecuarlos para su correcta observación (ver C).
- B3) Integrar las áreas de interés y los afloramientos de interés a los planeamientos municipales.
- B4) Programar anualmente las actuaciones y medidas a tomar para conservar los valores volcánicos.
- B5) Elaborar catálogos y cartografías a escala 1:5.000 de los elementos más interesantes del vulcanismo (volcanes, afloramientos y tossols) que no estén disponibles.

- B6) Revisar quinquenalmente los valores volcánicos y proteger aquellos elementos de más interés según la información que aporten nuevas investigaciones.

C

- C1) Revisar los productos divulgativos existentes (programas, actividades, publicaciones, equipamientos y servicios) para determinar las carencias en el tratamiento de contenidos sobre el vulcanismo.
- C2) Diseñar actividades y elaborar diferentes recursos (publicaciones y equipamientos) que faciliten la completa divulgación del vulcanismo de La Garrotxa en la población local y en la población visitante.
- C3) Dotar la red de puntos de interés geológico, mencionada en B2, de los equipamientos necesarios (señalización e interpretación) para divulgar los valores vulcanológicos y conservarlos en buen estado.

Planificación

4.1. En el ámbito de la investigación se planifican básicamente diferentes líneas de recogida de datos de interés para el conocimiento del vulcanismo

1. Datos de afloramientos, obras y sondeos realizados en el Parque Natural o su entorno.

Datos generados para la apertura de afloramientos en obras públicas o privadas de todo tipo (cimientos, sondeos, pozos, pivotajes, carreteras, etc.) y otras actuaciones que sólo pueden recogerse a través de observaciones de campo. En caso de no haberse realizado la observación, en general, pasado un tiempo no demasiado largo, la información ya es inasequible (figura 2).

2. Colaboraciones para trabajos de investigación promovidos desde el Parque Natural.

Este campo es el que puede aportar un mayor número de resultados al conocimiento del vulcanismo. Se trata de conseguir colaboraciones con centros de investigación y universidades para obtener un mejor rendimiento de la investigación



Figura 2. Afloramiento efímero a causa de una obra que se realiza una descripción e interpretación.

y orientar los objetivos. Haría falta dotarlo con un presupuesto y, si es posible, buscar patrocinios externos.

3. Otras colaboraciones con universidades y centros de investigación.

Colaboraciones establecidas por el Parque Natural con grupos de trabajo de universidades o centros de investigación que promueven estudios en algún campo de las ciencias de la Tierra o de las ciencias geológicas, en concreto, en el ámbito de la comarca de La Garrotxa. Son consideradas no prioritarias.

4. Investigación externa.

Investigaciones promovidas y financiadas por universidades o centros de investigación nacionales o extranjeros. Los investigadores se ponen en contacto con los técnicos del Parque Natural o son identificados cuando realizan sus trabajos. Son poco abundantes pero bastante constantes y pueden aportar mucha información para la ampliación del conocimiento del vulcanismo.

5. Investigaciones en otros campos realizadas en el Parque Natural que faciliten datos de interés para el vulcanismo.

Se trata de trabajos de investigación que se realizan en el Parque Natural promovidos o no por el equipo de gestión del Parque Natural y que desarrollan temáticas diversas referentes a ciencias de la Tierra y del medio ambiente, no centradas en aspectos vulcanológicos, pero que pueden aportar, a veces sin proponérselo, datos interesantes para el conocimiento y la gestión de los valores del vulcanismo.

6. Recopilación de datos existentes y confección de una base de datos de vulcanismo.

La información generada en la investigación en los diferentes campos relacionados con el vulcanismo en el Parque Natural es mucha y dispersa; por ello, es prioritario realizar una recopilación y una selección de todos los datos de interés para la gestión.

Se debe valorar si los datos que se generan en estas seis entradas son de interés para la gestión, clasificarlas e incluirlas en la base de datos que se menciona en el punto 6 y que debe incluir los conocimientos obtenidos hasta el momento.

Priorización de la investigación

La planificación de la investigación es una tarea difícil, puesto que el hecho de establecer una programación no depende directamente de las actuaciones que realice el equipo de gestión del Parque Natural, sino que viene marcada por la disposición y los planteamientos de universidades y centros de investigación con los que se establezca colaboración. Sin embargo, es posible saber cuáles son las investigaciones prioritarias



Figura 3. Volcán de Santa Margarita. Volcán producto de una erupción freatomagmática con una ermita románica en un cráter, muy visitado y que hasta hace pocos años no se conocía muy bien su secuencia eruptiva.

para desarrollar un estudio sobre la zona volcánica con el fin de poder reconducir investigaciones o programar colaboraciones.

Por orden de importancia los temas prioritarios a desarrollar son:

- **Geocronología:** se debería dedicar esfuerzos para conseguir diferentes tipos de colaboración con algún centro de dataciones. La primera fase sería de contacto para conocer si es viable la realización de la geocronología. En una segunda fase se establecería algún tipo de colaboración; se definiría el presupuesto que podría destinar el Parque y los medios técnicos que aportaría el laboratorio, centro de investigación u otras (diputaciones, patrocinios privados, etc.).
- **Caracterización de la actividad eruptiva de edificios volcánicos:** mediante sondeos y estudio de afloramientos. Se podría establecer un primer nivel de colaboración con alguna universidad para caracterizar edificios mediante la revisión de afloramientos (figura 3).
- **Riesgo volcánico y sísmico:** colaboración informativa con el Servicio Geológico de Cataluña.
- **Paleoclimatología:** seguimiento y colaboración con propuestas y ayudas si se considera oportuno.
- **Dinámica de fracturas:** seguimiento de los trabajos y publicaciones que se realicen en este ámbito que puedan aportar datos al conocimiento del vulcanismo de La Garrotxa.



Figura 4. Afloramiento de la Pomareda. Interesante secuencia eruptiva a conservar y divulgar; cada año se actúa con limpiezas.

Productos en fase de programación o elaboración	- Programa de información del PNZVG - Oferta pedagógica población escolar local - Oferta pedagógica población escolar visitante - Programa participación población local. Actividades para entidades - Publicaciones: <i>El vulcanismo del PNZVG y zonas vecinas. Guía de afloramientos</i>	
Pendiente de revisión	- Carteleros del Parque Natural - 2.ª fase remodelación Museo de los Volcanes - Jornadas de vulcanismo - Cursos naturalistas	- Mantenimiento, divulgación y señalización de afloramientos de interés - Exposición de Can Passavent - Publicaciones: <i>Els volcans olotins i el seu paisatge</i>
Carencias (por realizar)	- Programa de información comarcal - Programa de intercambio con otras zonas volcánicas, folletín-póster vulcanismo - Cursos para técnicos - Cursos universitarios	- Recopilación de artículos científicos - Artículo científico revista especializada - Mapa vulcanológico - Guías infantiles - Productos para la venta

4.3. En el ámbito de la divulgación del vulcanismo

La divulgación del vulcanismo en el Parque Natural debería tener como eje central el descubrimiento y visita de los lugares de interés por parte del visitante. Se hace necesaria pues la adecuación de los mismos, así como la elaboración de ayudas para su interpretación, del tipo paneles o pequeños centros de interpretación. Haría falta apoyar esta visita con un equipamiento (museo, centro de interpretación) como introducción a la salida de campo.

El Museo de los Volcanes debería provocar el interés por descubrir los lugares relacionados con el vulcanismo; sería un equipamiento complementario a la adquisición de conocimientos que los visitantes pueden lograr en la observación e interpretación directamente en el campo (figura 5).

Los puntos de interés geológico a visitar deberían cumplir los siguientes criterios:

- **Petrología y geoquímica:** seguimiento de los trabajos. La tarea del Parque Natural debería ser la de orientar y reconducir estos trabajos de investigación.

4.2. En el ámbito de la conservación del vulcanismo

1. Seguimiento y conservación de los afloramientos de mayor interés.

Supervisión del mantenimiento y conservación de los afloramientos de mayor interés del Parque (cantera de lapilli del volcán del Croscat, gredal de la Pomareda, La Calle, Afloramiento SMA, Can Tià, Castellfolit de la Roca, Sant Joan les Fonts, Montsacopa, Can Barranco, Sant Martí

Vell, gredal del Rincón, gredal del Puig Jordán, gredal del Rocanegra, gredal del Traiter, Fontfreda, El Turonell) (figura 4).

2. Gestión por el establecimiento de acuerdos de custodia con los propietarios de los afloramientos de interés.

Para la conservación de estos afloramientos y una correcta gestión hay que establecer acuerdos de custodia para asegurar su correcta conservación.

Durante este año está previsto realizar:

- Un plan de gestión rellenando la ficha de custodia de cada afloramiento.
- Contactar con los propietarios de la Pomareda, Can Tià y Boscarró.

- Ser de titularidad pública o, de lo contrario, obtener permiso del propietario.
- Contar con accesos señalizados desde el aparcamiento.
- Estar bien conservados y con un mantenimiento adecuado.
- Tener capacidad para soportar un grupo (aula).
- El visitante debe tener al alcance información sobre este lugar (publicaciones, *in situ*).
- La frecuentación al afloramiento no puede afectar a ningún otro elemento natural o social.
- No deben ser vulnerables a expoliaciones.

Con base en la evaluación que se realizó se pudieron marcar diferentes productos que faltan a la hora de divulgar el vulcanismo:



Figura 5. Afloramiento de la cantera de lapilli del Croscat. Interesante afloramiento que se restauró y se adecuó para su visita. La extracción de lapilli en este cono volcánico fue la punta de lanza de las protestas para la declaración de Parque Natural la zona.

Base de datos de vulcanismo (Proyecto Vulcano)

La base de datos del vulcanismo debería diseñarse integrada en el Proyecto Vulcano, el sistema de información geográfica del Parque Natural, que es la herramienta de consulta de información más ágil de que se dispone en este momento.

En el Proyecto Vulcano se debería incluir un módulo de medio físico. Éste estaría integrado por tres submódulos: suelos, geología e hidrología. La base de datos del vulcanismo se estructuraría dentro del apartado de *Geología* y debería incluir la siguiente información:

- Sobre vulcanismo: datos de interés para la gestión del patrimonio vulcanológico del Parque Natural. Facilitaría la consulta ágil de aspectos concretos en los siete ámbitos de investigación descritos que aparecerían relacionados con un banco de imágenes y cartografías.
- Mapa vulcanológico, mapa litológico, mapa geomorfológico, mapa geotécnico, afloramientos de interés y reservas naturales. Estos mapas deberían estar trabajados a escala 1:10.000.

La base de datos del vulcanismo tiene que ser un instrumento transversal que apoye la investigación del vulcanismo, la gestión del patrimonio geológico y sea la fuente de la elaboración de nuevos productos para la divulgación de los valores del vulcanismo.

Agenda y planes anuales

Este estrategia propone una serie de actuaciones y prioridades a desarrollar en cinco años, aun así, sería necesario planificar anualmente las diferentes actuaciones, y concretarlas por lugares o productos según presupuesto, carencias de años anteriores, etc.

La planificación anual debe incluir una descripción concreta de las actuaciones y el presupuesto, para que pueda incorporarse al programa de actuación del Parque Natural. Por otro lado, a finales de año se debe evaluar para analizar qué actuaciones no se han cumplido e intentar identificar los motivos, y para decidir si se incorpora al plan del año próximo.

Evaluación de la estrategia

Evaluación contable o cuantitativa

Este tipo de evaluación se basa en parámetros contabilizables para tener unos valores de referencia en el momento de elaborar la evaluación final.

A) Investigación

- **¿Se puede explicar la erupción de los volcanes de interés preferencial del Parque Natural y se conoce su edad?**

El sistema de información geográfica del Parque Natural es la herramienta de consulta de información más ágil de que se dispone en este momento

A lo largo de estos años se ha podido describir con exactitud: Croscat, Santa Margarita, Montsacopa y Bisaroques. Y de las edades sólo se conoce la de Croscat y Santa Margarita.

A- Menos de 4. **B- De 4 a 8.** C- De 8 a 12. D- Más de 12.

- **¿Se puede explicar cómo sería el relieve sin volcanes?**

A- No. **B- Algunas zonas.** C- En casi todo el ámbito de la estrategia. D- Sí.

- **¿Se puede explicar la historia geológica desde las primeras erupciones hasta la actualidad?**

A- No. **B- Sólo en los volcanes más modernos.** C- Faltarían pocos datos. D- Sí.

- **¿Se dispone de las cartografías adecuadas para la gestión del vulcanismo?**

Faltaría básicamente la cartografía tectónica de la zona.

A- Faltan más de 4. B- De 4 a 2. **C- Menos de 2.** D- No falta ninguna.

B) Conservación

- **El seguimiento de obras y afloramientos ha aportado algunas informaciones interesantes entradas a la base de datos.**

Se ha aportado información para conocer mucho mejor las coladas de Begudà y Castellfollit, La Garrinada, Pla de Massandell, Montsacopa, Puig Roser...

A- Ninguna. B- Una. C- De 2 a 5. **D- Más de 5.**

- **¿Cómo es la percepción de la morfología de los volcanes?**

Se han incorporado mejoras para la visualización de los cráteres en Montsacopa y Santa

Margarita pero se puede considerar igual que al inicio de la estrategia.

A- Peor. **B- Igual.** C- Mejor que desde la implantación de la estrategia. D- Mejor desde que la zona se declaró Parque Natural.

En los afloramientos de interés catalogados se pueden observar e interpretar los mismos procesos geológicos que hace 5 años.

A- Menos de 10. B- De 10 a 15. **C- En todos.** D- Más y mejor.

C) Divulgación

Encuesta a la población local sobre el conocimiento del vulcanismo.

(Nombres de los volcanes, número de volcanes, pueden volver a entrar en erupción, materiales volcánicos, importancia de las extracciones de lapilli, uso de los volcanes.)

A- 25%. B- 50%. C- 75%. D- 100%.

Los ayuntamientos se han implicado en la conservación del patrimonio geológico (afloramientos). El de Castellfollit de la Roca y Olot (Montsacopa).

A- Menos de 2. **B- De 2 a 4.** C- De 4 a 6. D- Más de 8.

La población es más responsable en la conservación del espacio (desechos, pintadas, expolio, etc.), se puede calcular en número de incidencias.

A- Menos de 2. **B- De 2 a 4.** C- De 4 a 6. D- Más de 8.

De todos los productos y programas propuestos para divulgar el vulcanismo, actualmente se cuenta con los siguientes:

A- 25%. **B- 50%.** C- 75%. D- 100%.

Guía del vulcanismo de La Garrotxa	SÍ
Folleto/póster	NO
Mapa vulcanológico impreso	SÍ
Guía infantil	NO
Recopilación de artículos científicos	EN PROCESO
Productos diversos	SÍ
Difundir información para la gestión del territorio	EN PROCESO
Seminarios para explicar la diversidad geológica del Parque Natural	SÍ y EN PROCESO

Global

Se han cumplido las actuaciones planificadas (en azul las que no).

INVESTIGACIÓN	CONSERVACIÓN	DIVULGACIÓN	BASE DE DATOS
R1 Vaciado de datos de investigaciones ya existentes.	C1 Catalogar los afloramientos del Parque Limpiar los afloramientos Pomareda, Pista Mas el Cros, Vall dels Arcs, Racó, Can Tià, Roca Negra	D1 Folletín divulgativo de vulcanismo D2 Mapa de vulcanismo D3 Propuesta de guiado gratuito en cursos universitarios D3 Facilitar información del Proyecto Vulcano a las administraciones gestoras del territorio D4 Adecuación afloramientos de interés D5 Cursos de naturaleza D5 Guías infantiles (Cuentos) D6 Señalización afloramientos de interés D7 Curso patrimonio geológico en el Parque (ICHN) D8 Recopilación de artículos científicos D9 Actuaciones pendientes D10 Continuación de los programas de educación ambiental —tener en cuenta los contenidos de vulcanismo— D11 Asesoramiento en la posible apertura de un nuevo Museo de los Volcanes D12 Acuerdos con ayuntamientos para potenciar los afloramientos de interés geológico	B1 Diseño de la base de datos B2 Cartografía afloramientos y vinculación con la base de datos B3 Entrada de información de investigaciones y cartografías ya existentes y las que se generen durante este año
Prioridades:	C2 Contratar asesoramiento para el seguimiento de obras, afloramientos y temáticas varias en vulcanismo		
1. Geocronología	C3 Zona de lapilli del Montsacopa		
2. Caracterizar: Santa Margarita, Traiter, La Garrinada, etc.	C4 Revisión Plan especial (2001-2003) C5 Unificar Plan especial y planeamientos municipales (sobre todo afloramientos) (2001-2003)		
3. Tectónica	C6 Estudio para conservar la observación de la geomorfología y los afloramientos con un esmerado tratamiento paisajístico Adecuación (señalizaciones y acuerdo propietarios) de los afloramientos (Guía)		
4. Petrología y geoquímica	C7 Estudio para la estabilización de los taludes de los afloramientos C8 Catálogo de <i>tossols</i> C9 Inventario de bufadors C10 Adecuación afloramientos (Sant Martí Vell, Fibresa, Puig Subià, Roca Negra, Polígono industrial Pla de Baix) C11 Mantenimiento afloramientos C12 Potenciación de la geomorfología C13 Incluir los valores del PN en un catálogo nacional/estatal/europeo de puntos de interés geológico C14 Líneas de ayudas para el mantenimiento de prados y pastos en los cráteres C15 Incluir los valores del PN en un catálogo nacional/estatal/europeo de puntos de interés geológico C16 Líneas de ayudas para el mantenimiento de prados y pastos en los cráteres		

A- Menos del 25%. B- Del 25% al 50%. **C- Del 50 al 75%.** D- Más del 75%.

Uso de la base de datos para tomar decisiones de gestión del patrimonio geológico del Parque Natural.

A- 25%. B- 50%. C- 75%. D- 100%.

Conclusiones: la excelencia se daría si todos los indicadores fueran D. En resumen, nos encontramos que no hay ninguna A, seis B, tres C, una D y tres que no se han podido calcular.

Por lo tanto, cuantitativamente la evaluación de la estrategia no se puede considerar mala pero tampoco buena, nos encontraríamos en una posición intermedia, en un aprobado justo.

Evaluación no contable o cualitativa

Algunos temas no han tenido los resultados que se esperaban, a pesar del esfuerzo dedicado desde el Parque durante estos años (geocronología, jornadas y congresos, Museo de los Volcanes...), que hubieran servido seguramente para obtener una evaluación mucho mejor al dar un impulso a actuaciones previstas.

Por lo tanto, se considera que el esfuerzo hecho en recursos es bueno pero los resultados logrados se pueden mejorar.

Agradecimientos

Los autores agradecen la revisión de la estrategia por parte de Josep Maria Mallarach, y la discusión de algunos puntos de la estrategia con Mariona Losantos y Carme Puig del Servicio Geológico, Joan Martí del Laboratorio Jaume Almera (CSIC), Albert Pujades de la Universitat de Girona, y a todo el equipo gestor del Parque Natural de la zona volcánica de La Garrotxa. La financiación ha sido a cargo del Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa.

Bibliografía

- Folch, R. (1988). *Natura, ús o abús? Llibre blanc de la gestió de la natura als Països Catalans*, 2ª edición, ICHN, Editorial Barcino. 291-292.
- Grau, S. (1996). "La protecció dels espais volcànics". *Revista de Girona*. 174: 85-89.
- Mallarach, J. M. (1992). *Informe intern sobre la conservació de les àrees de reserva establertes per la llei 2/1982 de protecció de la Zona Volcànica de la Garrotxa*. Inédito.
- Mallarach, J. M. (1996). "La gestió del patrimoni geològic, el cas de la Garrotxa". *Revista de Girona*. 174: 90-93.
- Mallarach, J. M. (1998). *El vulcanisme prehistòric de Catalunya*. Diputació de Girona.
- Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. (1996) *El PATRIMONIO GEOLÓGICO. Bases para su valoración, protección, conservación i utilización*. Serie monografías.
- Plan especial de la Zona Volcánica de la Garrotxa (1994). Departament de Medi Ambient.

El pitón ofítico de Cabezo Negro

A lo largo de todo el territorio nacional, aunque silenciosos, existen abundantes yacimientos de carácter subvolcánico emplazados durante el Triásico y el Cretácico. Desde un punto de vista económico, este tipo de intrusiones ofrecen una excelente fuente de áridos debido a la gran capacidad que poseen frente a la abrasión. Adicionalmente, representan casos muy particulares de metamorfismo de contacto y yacimientos de carácter hidrotermal sumamente interesantes, como es el caso que nos ocupa.

TEXTO Y FOTOGRAFÍAS | Roberto Álvarez de Sotomayor Matesanz, eurogeólogo, máster en Ingeniería Geológica y Geotecnia; Nuria Álvarez García, geóloga

Palabras clave

ofitas, skarn, emplazamiento subvolcánico, textura ofítica, Triásico, metasomatismo, Cabezo Negro

El yacimiento en cuestión se localiza en el Cabezo Negro, que se encuentra enmarcado en la población de Albaterra dentro de la Hoja de Fortuna (figura 1), situada en el límite de las provincias de Alicante y de Murcia. Interesa al norte, una parte de las zonas externas (Prebética y Subbética) de las Cordilleras Béticas y, al sur, una parte reducida (Cuenca de Fortuna) del inmenso dominio ocupado por los depósitos neógenos y cuaternarios de la depresión del bajo Segura.

Desde un punto de vista orográfico, todo el dominio está recubierto por las formaciones neógenas y cuaternarias de la Cuenca de Fortuna, una región relativamente baja y poco accidentada, sometida a una erosión muy activa comportando la formación de "bad-lands", donde los únicos relieves notables corresponden a las pequeñas "cuestas" determinadas por ciertos niveles resistentes del Mioceno superior.

Por el contrario, hacia el norte existe toda una serie de macizos escarpados: Sierra de la Pila (1.261 m), Sierra del Cantón (920 m), Sierra del Argallet (1.099 m), Sierra del Corque (792 m), Sierra de Abanilla (624 m) y la Sierra de Crevillente (835 m) constituyen relieves importantes, aislados unos de otros, que pertenecen en su mayor parte a elementos alóctonos cuyo origen hay que buscar más al sur.

El estudio de la Hoja de Fortuna permite poner en evidencia en función de las series estratigráficas y de las superposiciones anormales que pueden allí ser observadas, varios conjuntos:

- La Cuenca de Fortuna (post-nape).
- El Prebético (autéctono y paraautéctono).
- El Subbético (alóctono).
- La Unidad del Monte Alto-Sierra de Abanilla (alóctono).



Figura 1. Localización del yacimiento sobre mapa topográfico. Hoja de Fortuna a escala. 1:50.000.

Aparte del conjunto constituido por las sierras de Corque y de Lugas, que puede referirse al Prebético meridional paraautéctono, todos los otros macizos corresponden bien al Subbético, o más excepcionalmente a una unidad más alta e independiente, cuyos principales testigos se conservan en el Monte Alto y la Sierra de Abanilla.

Aunque la Hoja de Fortuna está bien representada por materiales postorogénicos de la cuenca que lleva el mismo nombre, también el Prebético y el Prebético meridional tienen una importante representación, no siendo el caso de la unidad de Alto-Sierra de Abanilla que es el conjunto estructural menos representado desde el punto de vista estratigráfico.

El área de nuestro estudio queda englobada dentro del Subbético o alóctono, que además de

constituir los relieves más altos se encuentra excepcionalmente bien representado en la Hoja de Fortuna. Dejando a un lado los sistemas Cretácico y Jurásico, es el Trías el que hace las veces de encajante de las rocas subvolcánicas, que emplazadas en un contexto extensivo, dan origen al yacimiento tan espectacular.

Este encajante se caracteriza por un cortejo formado por margas abigarradas, arcillas rojas y verdes, yesos blancos o coloreados, que evocan a la facies Keuper. Este conjunto poco resistente y plástico está implicado en la mayor parte de los contactos anormales y aflora igualmente sobre grandes superficies alrededor de La Pila y en el sector de Las Ventanas (entre Monte Alto y la Sierra de Abanilla). En este último sector está asociado a elementos carbonatados y a masas

ofíticas, así como a formaciones areniscosas rojo-violáceas que podrían presentar un elemento del Buntsandstein.



Figura 2. Formaciones yesíferas triásicas del encajante.



Figura 3. Detalle de margas triásicas "recalentadas" del encajante.

Contexto geológico del yacimiento

Desde un punto de vista geológico se trata de una intrusión de tipo ofítico de carácter subvolcánico emplazada dentro de materiales sedimentarios del sistema Triásico (205-230 Ma), más concretamente atraviesan margas, arcillas, yesos, dolomías y carniolas correspondientes a las Zonas Externas Béticas (Subbético o alóctono) (figuras 2 y 3).

Estas rocas intrusivas son de carácter subalcalino presentando en lámina delgada una textura netamente ofítica. El emplazamiento de este tipo de rocas se produce en un contexto distensivo intraplaca generando un adelgazamiento cortical y un ascenso astenosférico que posibilita el emplazamiento de un magma de carácter subalcalino dentro de las series sedimentarias triásicas.

Este tipo de intrusión es debida a la actividad volcánica submarina y a un vulcanismo fisural que sigue un sistema de fallas profundas de dirección actual OSO-ENE (Morata *et al.*, 1997). Durante el trabajo de campo se localizaron dos tipologías de fallas y fracturas, un grupo de ellas mineralizadas y el otro grupo sin mineralizar. Las medidas obtenidas con brújula de estas fracturas, aproximadamente unas 150 medidas, ponen de manifiesto que la mayoría de las fracturas mineralizadas presentan dirección OSO-ENE (figura 4), siendo coetánea por tanto la intrusión del pitón ofítico con el régimen de esfuerzos tectónico regional anteriormente descrito (figura 5).

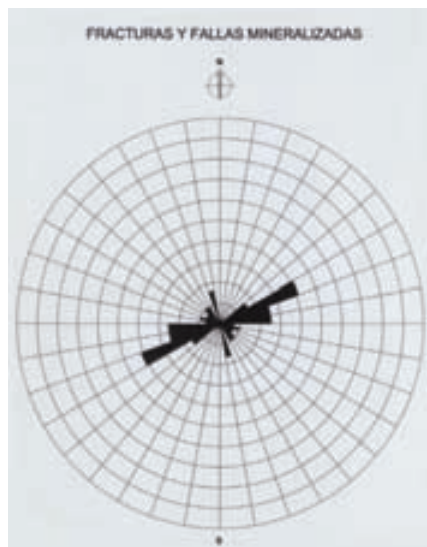


Figura 4. Rosa de direcciones de fracturas y fallas mineralizadas.



Figura 5. Rosa de direcciones de fracturas y fallas sin mineralizar.

Análisis petrográfico de la roca intrusiva

El estudio petrográfico realizado mediante microscopio de luz transmitida sobre láminas delgadas de las muestras obtenidas en la cantera, puso de manifiesto la existencia de los siguientes minerales principales o más abundantes, que en función de su tonalidad se dividen en:

- Claros: plagioclasa en sus términos sódicos del tipo albita Na $[AlSi_3O_8]$ u oligoclasa (Na, Ca) $[Al_{1-2}Si_{3-2}O_8]$, feldespato potásico de tipo microclina K $[AlSi_3O_8]$ y cuarzo SiO_2 .
- Oscuros: del grupo de los anfíboles, la hornblenda $(Ca, Na, K)_{2-3}(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)_5[OH(AlSi_3O_{11})_2]$ y del grupo de los clinopiroxenos, la augita $CaMg[Si_2O_6]$ (figura 6).



Figura 6. Cristal de augita zonado, nícoles cruzados, 10 aumentos.

- Con respecto a los minerales accesorios, que aparecen en mucha menor proporción, se observan: minerales del grupo de las cloritas como clinocloro $(Mg, Fe, Al)_5[(OH)_6(Al, Si)_4O_{10}]$;

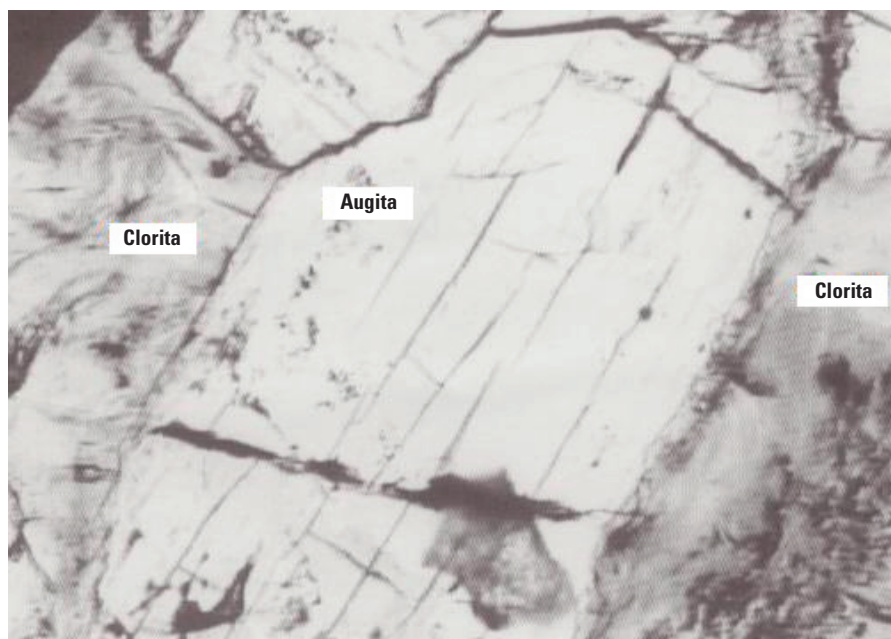


Figura 7. Agregados de clorita junto a cristal de augita, 10 aumentos.



Figura 8. Midiendo orientaciones de fracturas en el frente de cantera.

prehnita $\text{Ca}_2\text{Al}[(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ y apatito $\text{Ca}_5[(\text{F}, \text{OH})(\text{PO}_4)_3]$.

- Alteraciones: sericitización y albitización de la plagioclasa y cloritización de la hornblenda y de la augita (figura 7).
- Texturas: texturas ofíticas, granófidas y gráficas. Cristales de cuarzo con forma de ficha de puzle, lo que confirma su origen volcánico.
- Por tanto, la roca puede ser clasificada según el diagrama de rocas ígneas de Streckeisen de 1973 (QAPF) como una diorita. Además, teniendo en cuenta los minerales máficos, se puede concluir que se trata de dioritas piroxénicas y dioritas anfibólicas.

Tipología y morfología del yacimiento

La morfología de este emplazamiento subvolcánico, y por tanto de estas dioritas piroxénicas o

anfibólicas con textura ofítica, se asemeja a un "pitón", que claramente marca la topografía al ser más resistente que el encajante (figura 8), sin embargo no conocemos su morfología primitiva al ser objeto de explotación minera desde hace varias décadas (figura 9).

El contacto de estos pitones ofíticos con el encajante sedimentario origina un metamorfismo de contacto de bajo grado con presiones de entre 1.000 y 4.000 bares y temperaturas de entre 150 y 300 °C dando lugar a yacimientos de tipo "skarn", asociaciones litológicas constituidas por silicatos ricos en Ca, Mg, Fe y Al, que proceden generalmente de la transformación metasomática de rocas de base cálcica o calcomagnesiana (Casquet, 1991).

En esas condiciones de presión y temperatura, los fluidos más diferenciados producidos en



Figura 9. Frente principal de la cantera.

las últimas etapas de cristalización de la roca intrusiva y, por tanto, enriquecidos en vapor de agua, sílice y, elementos metálicos reaccionan con las rocas carbonatadas encajantes produciendo una paragénesis típica de un yacimiento hidrotermal de baja temperatura de tipo metasomático con características similares a la facies de las ceolitas.

Análisis petrográfico del 'skarnoides'

El estudio petrográfico del skarn se llevó a cabo sobre muestras obtenidas en fracturas mineralizadas y puso de manifiesto la aparición de algunos minerales oscuros ya descritos en el análisis petrográfico del cuerpo intrusivo, como hornblenda y augita, aunque aparecen minerales nuevos del grupo de los ortopiroxenos y los "minerales estrella", la hidrogrosularia $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4(\text{OH})_4]_3$ perteneciente al grupo del granate y la clinozoisita $\text{Ca}(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})\text{Al}_2[\text{O}(\text{OH})\text{SiO}_4\text{SiO}_2]$ ubicada dentro del grupo de la epidota. Espectacular imagen con nícoles cruzados de un cristal de hidrogrosularia zonado (figura 11). Respecto a los claros, no se observaron ni plagioclasa ni feldespato potásico aunque el cuarzo sí aparece pero en menor proporción. Además, también aparecieron carbonatos.

Con respecto a los minerales accesorios, se observan: clorita y prehnita; además se identificaron minerales del grupo de las ceolitas como laumontita $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Adicionalmente se distinguen minerales opacos del grupo de los sulfuros como piritita FeS_2 y calcopiritita CuFeS_2 .

Respecto a las alteraciones se observó cloritización de la hornblenda, de la augita y de la grosularia. Además aparecían pequeñas zonas de cataclasis dentro de la lámina delgada; este hecho confirma que las fracturas no mineralizadas medidas con direcciones N-S son claramente posteriores a las mineralizadas (figura 5); esto también se pudo comprobar a pie de afloramiento, ya que en las fracturas mineralizadas aparecen multitud de pequeños espejos de falla con marcadores cinemáticos como estrías y escalones.

Complementariamente, se realizaron difracciones de rayos-X que confirmaron la mineralogía descrita para el yacimiento en el estudio petrográfico (figura 12).

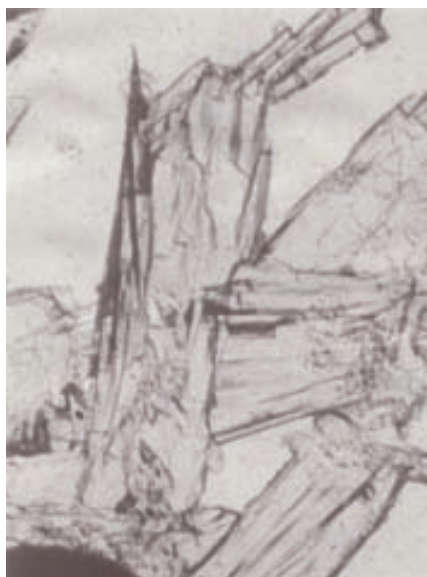


Figura 10. Detalle de cristales de epidota, clinozoisita, 10 aumentos.

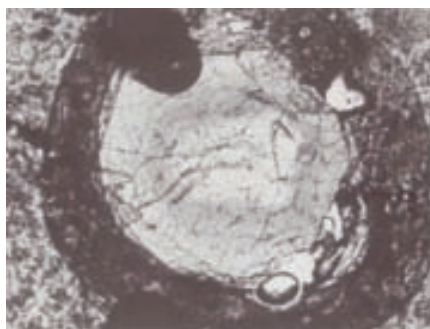


Figura 11. Detalle de cristal zonado de grosularia, nículos cruzados, 4,5 aumentos.

En muestra de mano se pueden obtener ejemplares espectaculares de tamaño centimétrico como es el caso de estas muestras de hidrogrosularia con clinozoisita y de clinozoisita con cuarzo (figuras 13 y 14).

La distribución de la mineralogía observada *in situ* en las fracturas fue la siguiente: roca más o menos inalterada hacia la parte interior de la fractura, con piroxenos y plagioclasa como minerales principales; una zona intermedia con profunda alteración de los piroxenos a anfíbol y con la aparición de otros silicatos cálcicos, incluyendo el granate que también aparece en la zona exterior y finalmente una zona exterior formada por minerales de menor grado, hidratados, normalmente idiomorfos y que corresponden a prehnita, clinozoisita, calcita y cuarzo.

Aprovechamiento del yacimiento

Este tipo de yacimientos ofíticos son utilizados frecuentemente como fuente de balasto para su uso ferroviario, debido a la excepcional calidad de los áridos que proporciona. La cantera que nos ocupa es propiedad de la empresa Extracción de Áridos Sierra Negra, S.L., y aunque actualmente esta

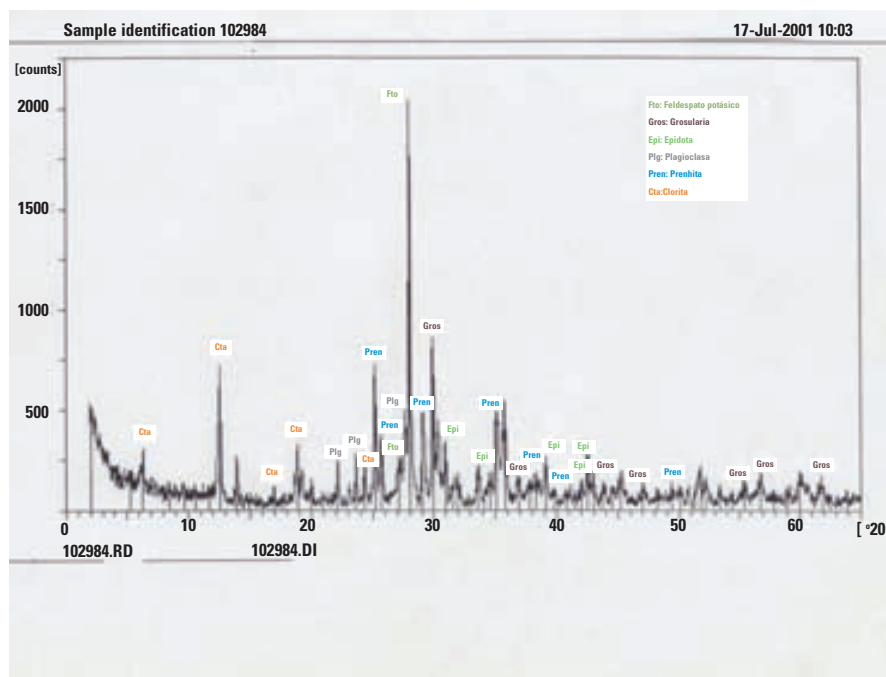


Figura 12. Difractograma de rayos-x.



Figura 13. Muestra de mano, de un cristal de cuarzo con clinozoisita.

cantera no produce áridos para balasto, sí lo hace para la fabricación de mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso y mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura, además de la utilización de los áridos para fabricación de hormigón.



Figura 14. Muestra de mano de hidrogrosularia cristalizada en forma de rombododecaedros.

Agradecimientos

Agradecer sinceramente la colaboración en los trabajos de campo del estudio de este yacimiento a mis buenos amigos e infatigables compañeros en la búsqueda de minerales, Daniel Agut Verburg y Ramón Jiménez Martínez, sin olvidar a mi buen amigo y catedrático de Petrología y Geoquímica de la Facultad de Geología de la Universidad Complutense de Madrid, César Casquet Martín por su ofrecimiento, constancia y ánimo continuado.

Bibliografía

- Agut, D (2000). "Nondón de los Frailes". *Litos*, 24, 5-8.
- Arana, R., Guillén-Mondejar, F., Hernández, J. M. y Del Ramo, A. (1995). "Mineralizaciones de epidota en Albaterra (Alicante)", *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 18-2, 92-93.
- Cartografía Militar de España. Servicio Geográfico del Ejército. Serie L. Escala 1:50.000. Hoja n.º 27-35. (892). Fortuna.
- Castro, A. (1989). *Petrografía básica*. Madrid. 143 pp.
- Dud'a, R., Rejl, L. y Slivka, D. (1989). *La gran enciclopedia de los minerales*. Praga. 520 pp.
- Lunar, R. y Oyarzun, R. (1991). *Yacimientos minerales*. Madrid. 938 pp.
- Montenat, C. y Azema, J. (1975). Hoja de Fortuna (892) 1:50.000. IGME. Madrid.
- Vera, J. A. (2004). *Geología de España*. SGE-IGME. Madrid. 884 pp.

Oferta de SEGUROS para el COLEGIO DE GEÓLOGOS

Y para el cónyuge, hijos y padres que convivan en el mismo domicilio del colegiado/a

Descuento especial en Seguros de AUTO, MOTO, HOGAR y VIDA

Y para AUTO, además del descuento,

REEMBOLSO DE 50 EUROS*

OFERTA VÁLIDA ÚNICAMENTE PARA NUEVAS CONTRATACIONES
DE AUTO REALIZADAS DEL 1/9/11 al 31/12/11*

93 489 06 77

(Laborables de 8 a 22h)

902 444 707

(Laborables de 8 a 22h y sábados de 9 a 14h)

Si prefieres que sea Regal quien te llame, envía un SMS o un mail:

SMS a **638 444 109**

esther.perez@libertyseguros.es

(Imprescindible nombre y teléfono de contacto para que Regal te llame)

* Oferta para nuevas contrataciones AUTO realizadas del 1/9/11 al 31/12/11. Oferta sujeta a la normativa de suscripción de la compañía No acumulable con otras ofertas. La transferencia de los 50€ se hará en cuenta, aprox. al cabo de 45 días desde la fecha de inicio de la póliza. De conformidad con el art. 33 de la Ley 35/06 del 28 de noviembre del IRPF, estos pagos tienen consideración de ganancias patrimoniales. Compañía aseguradora: Liberty Seguros, Compañía de Seguros y Reaseguros, S.A. A través de su canal directo: Regal.

La explotación de la pizarra en Galicia y sus impactos ambientales

En este trabajo se describe y analiza el recurso de la pizarra: antecedentes históricos, marco jurídico, caracterización de las pizarras y sus residuos, explotación y yacimientos, repercusiones y recuperación ambiental, reducción y valorización de los residuos, otros usos, aprovechamientos y líneas de trabajo e investigación que apunten hacia una racionalización y desarrollo sostenible del recurso.

TEXTO | Gutiérrez, F. y Vidal Romaní, J. R. Instituto Universitario de Geología. Universidad de A Coruña

FOTOS | VV.AA.

Palabras clave

Pizarras, minería, Galicia, medio ambiente



Vista aérea de la zona pizarrera de Carballada de Valdeorras (Ourense), prácticamente todo el territorio ha sido transformado en escombrera de pizarra. Fuente: Google Earth 2010.

Galicia es la primera potencia mundial en producción y exportación de pizarra. La explotación de este recurso lleva asociado un problema ambiental muy específico y característico. El desproporcionado desarrollo del sector, la falta de criterios racionales en el diseño y planificación de las explotaciones, unido a la inexistencia de previsión o planificación ambiental, ha provocado que heredemos una compleja y problemática situación, no sólo ambiental y minera, sino también social y económica.

La situación ambiental de los cotos mineros de la pizarra es irreversible, no es posible su restauración y es muy difícil su recuperación o rehabilitación (actualmente, es económicamente inviable).

La falta de una aplicación efectiva de la normativa de regulación ambiental y minera en Galicia,

durante casi dos décadas, de los años setenta a los noventa, posibilitó el irracional y desproporcionado desarrollo de este sector, en dicho periodo. Un problema que ahora padecemos por la falta de preocupación, previsión y planificación ambiental, no sólo de las empresas explotadoras, sino de las administraciones competentes.

La pizarra gallega sufre una pérdida de peso en el mercado internacional, del orden del 30% desde el año 2005. Si sobre su elevado coste (750 \$/t), en relación con nuestros principales competidores China (290 \$/t) y Brasil (400 \$/t), repercutimos el precio de la recuperación o rehabilitación ambiental, la pizarra gallega dejaría de venderse y las empresas pizarreras se verían obligadas a finalizar su actividad.

El rendimiento del proceso productivo, en el sector de la pizarra, es uno de sus principales

problemas; se manejan unos ratios de aprovechamiento del orden 4%, lo que genera un 96% de residuos y estériles, con el consiguiente impacto ambiental y paisajístico, además de la pérdida económica por desaprovechamiento del recurso.

Para una producción media de pizarra en Galicia de 900.000 t/año, se generan 22.500.000 toneladas de residuos de pizarra al año, lo que supone casi 8 millones de m³ de estériles vertidos en las escombreras gallegas cada año.

Según estos datos, se presenta una delicada situación del recurso en relación con los volúmenes de estériles generados, los costes de producción-restauración y la competencia. Esto hace imprescindible su correcta gestión y planificación, sostenible en el tiempo y con la naturaleza, con el fin de preservar el medio natural y el propio recurso.

El método, diseño y ubicación de la explotación son los factores determinantes de la generación de impactos ambientales y su posible corrección

Factores a considerar para una extracción de pizarras compatible con el medio ambiente

La compatibilidad entre la extracción de la pizarra y la protección ambiental radica en la adopción y seguimiento de:

- Criterios racionales en el método y diseño de explotación.
- Planificación y coordinación de las labores de explotación y restauración.
- Mejoras técnicas de arranque, elaboración y aprovechamiento del recurso, incrementando el ratio de aprovechamiento y la reducción de la generación de residuos.
- Nuevos usos y aprovechamientos de los remanentes del recurso.
- Aprovechamiento de los estériles de la pizarra para labores de relleno y restauración.

Criterios racionales en el método y diseño de explotación

El método, diseño y ubicación de la explotación son los factores determinantes de la generación de impactos ambientales y su posible corrección. Métodos de explotación de interior (minería subterránea) o la minería de transferencia eliminarían la generación de escombreras. Este hecho, junto a una correcta planificación y coordinación de las labores de explotación y restauración, garantizaría la efectividad de las labores de restauración.



Hueco de explotación y escombrera de una explotación de pizarra en Ortigueira (A Coruña).



Escombrera de pizarra en Casaio (Ourense).

De no poderse evitar el establecimiento de una escombrera por no ser factible otro tipo o método de explotación, entonces ha de cumplir con un correcto diseño y ubicación, observando una serie de requisitos técnicos y ambientales que permitan y posibiliten la viabilidad económica de su recuperación.

Depósito temporal y accesible: la planificación, diseño y ubicación de la escombrera debe ser tal que permita el depósito o acopio

temporal de los estériles de pizarra, debiendo poder estar accesibles para su posterior aprovechamiento o reutilización. También tiene que haber accesibilidad a la futura explotación del recurso que subyace bajo la escombrera. De este modo, además, es posible su restauración o recuperación. Este planteamiento es fundamental desde cualquier punto de vista (técnico, ambiental, económico y social) no debiendo plantearse el establecimiento de una escombrera



Explotación subterránea de pizarra de la empresa Cafersa, en Casaio (Ourense).

como vertedero inamovible y definitivo de los estériles de pizarra.

Seguridad: el diseño y la ubicación de la escombrera han de garantizar la estabilidad de los materiales en la misma e impedir la contaminación por lavado o lixiviado de los mismos. Se hace imprescindible un correcto diseño de la red de drenaje de la escombrera y su impermeabilizado, que evite problemas de dispersión de contaminantes.

Integración paisajística: la escombrera, al igual que la explotación de pizarra, ha de quedar integrada en el mayor grado posible con el entorno. Para ello ha de observarse como criterio fundamental su diseño y ubicación. De forma complementaria, a la vez que necesaria, atenderemos a la ocultación/simulación y remodelado de escombreras para conseguir la mayor integración paisajística de la escombrera y, así, minimizar su impacto. La ubicación de la explotación y la escombrera, tanto por su localización geográfica como por su situación topográfica, junto a su diseño en cuanto a forma, alturas y disposición de los materiales, serán los que eviten que la escombrera sea vista desde zonas pobladas o de tránsito, determinando su cuenca visual y calidad paisajística.

Planificación y coordinación de las labores de explotación y restauración

En este factor hay que considerar varios aspectos:

- Plantear la fase de investigación del yacimiento y planificación de las labores de explotación y restauración como la más importante del ciclo, pues en ella se condicionan y determinan las demás fases del ciclo de producción, la restauración y la propia viabilidad de la explotación.
- Realizar un completo estudio ambiental, previo a cualquier tipo de alteración en el medio, que comprenda, entre otros, posibles afecciones a la seguridad y salud de los habitantes de la zona, estudio florístico y faunístico que describa y determine los hábitats, sus relaciones y demás procesos ecológicos que resulten de interés para una posterior restauración o recuperación ambiental de la explotación y de su entorno. Determinar la compatibilidad ambiental de la explotación.
- La restauración o recuperación de las zonas alteradas por la actividad minera se debe efectuar de una forma juiciosa y responsable, de manera que los terrenos afectados vuelvan a ser útiles para usos futuros. Por lo tanto, las operaciones extractivas deben ser consideradas como usos transitorios del suelo y no terminales, siendo necesario reacondicionar los terrenos afectados para alcanzar un equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza.

Los residuos de la pizarra pueden ser utilizados como prefabricados para la construcción, cerámica, gres y materiales compuestos

- Establecimiento de pantallas visuales, preferentemente vegetales, árboles y arbustos, que además cumplan la función de pantalla acústica, cortavientos, y de barrera o control de emisiones a la atmósfera, CO₂ y partículas en suspensión.
- En las labores de revegetación se emplearán las especies más afines con el futuro uso que se haya determinado para los terrenos. Dadas las características de los yacimientos y las explotaciones de pizarra en Galicia, el uso más habitual es el natural o el natural-forestal. Tanto por abundancia de especies, por bajo coste, por escasos cuidados y requerimientos, se utilizan mezclas de semillas autóctonas que aseguran la viabilidad, el éxito de implantación y el desarrollo de la cubierta vegetal.
- Es preciso el estudio y monitorización de zonas de referencia o parcelas blanco en cada explotación, que nos aporten datos específicos de la propia explotación.
- El estudio de explotaciones de pizarra abandonadas nos permite conocer la evolución natural de la explotación en el transcurso del tiempo, conociendo el origen y magnitud de las alteraciones o impactos ocasionados; esto nos aporta una valiosa información sobre reversibilidad y recuperación ambiental.
- El estudio de depósitos naturales de clastos nos aporta una idea del comportamiento y evolución geológica de este tipo de depósitos, similares a las explotaciones y, sobre todo, a las escombreras de pizarra. Igualmente nos da una visión de su estado con el transcurso del tiempo, una aproximación objetiva que no podríamos estimar de otro modo, pues requiere el transcurso efectivo de miles de años.

Mejora de las técnicas de arranque, elaboración y aprovechamiento del recurso

Hay que conseguir una reducción de la generación de residuos e incremento del ratio de aprovechamiento.

Es precisa la instalación de equipos de tratamiento, espesamiento y compactación de lodos. De este modo se utiliza la mayor cantidad posible de agua en circuito cerrado y no son precisas las balsas de decantación, ni presas de

residuos, que ocupan grandes extensiones de terreno y suponen un riesgo de rotura y avenida. La implantación de estos equipos reducirá de manera considerable el volumen de los residuos, además de poder reutilizar el agua clarificada.

Aplicación de nuevos usos y aprovechamientos de los remanentes del recurso

Los residuos de la pizarra pueden ser utilizados como prefabricados para la construcción, cerámica, gres y materiales compuestos, a base de esquirlas de pizarra y resina de poliéster.

Es preciso realizar trabajos de investigación sobre las posibilidades de la reutilización de los residuos generados en el proceso de elaboración y corte de la pizarra. Se pretende la reducción, reutilización y reciclado de los estériles de pizarra de forma que no se genere residuo final alguno, marcando un objetivo de uso y aprovechamiento del 100% del recurso:

- Explotación de la pizarra para cubierta, para solera, terrazo y revestimiento.
- En aprovechamientos como material de relleno, como áridos para la construcción, como componente del cemento, hormigón.
- En la industria cerámica, generación de nuevos materiales a partir de los residuos de la pizarra, y resinas dando lugar a materiales cerámicos o materiales compuestos con características físicas mejores o iguales a la propia pizarra.
- Utilización de los lodos para las restauraciones como sustrato para la vegetación, para impermeabilización y sellado de vertederos, como carga para pinturas, plásticos, gomas, cauchos, moquetas, etc. En el caso de las pizarras bituminosas como fuente de cogeneración energética.

Debido al amplio abanico de aplicaciones para los residuos generados en el proceso de elaboración de la pizarra es conveniente realizar las acciones necesarias para buscar un mercado competitivo y, si es posible, crear un mercado o bolsa de productos específicos para este tipo de residuos.

Aprovechamiento de los estériles de pizarra en labores de relleno y restauración

Los residuos de la pizarra, tanto gruesos como finos (lodos) pueden considerarse residuos inertes, pudiendo utilizarse en obras de relleno, restauración y acondicionamiento.

El aprovechamiento de los lodos como sustrato para la revegetación es técnicamente posible. Este sustrato, aun no siendo el más adecuado para su utilización, presenta alguna característica física y química que lo hace interesante para su utilización en la restauración de las explotaciones de pizarra.

Breve historia: los Congresos Nacionales e Ibéricos de Geoquímica

Se realiza un breve resumen de cómo se gestó el I Congreso de Geoquímica y algunas de las vicisitudes de los que vinieron posteriormente.

TEXTO | Antonio Gutiérrez Maroto. Dr. en Químicas. Secretario de la Sección Técnica de Geoquímica

FOTOS | Aportadas por Antonio Gutiérrez Maroto

Palabras clave

Geoquímica, Congresos de Geoquímica

Nos encontramos en una época en la que la transmisión oral de acontecimientos ha dejado paso, por su ineficacia, a las hemerotecas, videotecas, filmotecas, soportes informáticos, etc. Hoy es difícil falsear la realidad y quizá, más que nunca, debemos recurrir y aplicar el dicho de nuestros mayores: *scripta manent*.

Los congresos de Geoquímica de España están ahí, con su contenido mayor o menor, con las personas que han participado en estos 25 años en los mismos y poco más.

Por eso me van a permitir que bajo este título de Breve historia de los Congresos de Geoquímica hable de algún entresijo de los mismos, de por qué y cómo se iniciaron.

Después ha sido una cadencia rítmica su celebración. Disculpad si, a lo largo de este relato, entro alguna vez, personalmente, en escena.

Así nacieron los Congresos de Geoquímica

En el curso 1968-1969 comienza su singladura una nueva universidad en España: la Autónoma de Madrid. En la licenciatura de Químicas, juntamente con otras, se crea la especialidad de Geoquímica, que tendrá en 1973 los cinco primeros licenciados químicos en Geoquímica. En total fueron 34 los químicos de la primera promoción que se repartieron en Orgánica, Química Cuántica, Inorgánica, Analítica, Química-Física y Geoquímica.

En esta especialidad, desde el primer momento emerge una persona sobresaliente en la Geoquímica: Francisco de Pedro Herrera (fallecido en el año 2008), funcionario de carrera en la Junta de Energía Nuclear (JEN). de Pedro es contratado como catedrático, en 1971, simultaneando su actividad en la JEN, con la universidad, para dar las asignaturas de Geoquímica de la especialidad: Geoquímica General, Prospección Geoquímica y Geoquímica Nuclear.

En los últimos años de la década de los sesenta, la JEN tiene un proyecto nacional dotado con más de 22.000 millones de pesetas, de aquellos tiempos, para desarrollar el proyecto CINSO (Centro de Investigaciones Nucleares de Soria). El gestor de este proyecto es Francisco

Loa a Francisco de Pedro, presidente hasta su fallecimiento, en 2008, de la Sección Técnica de Geoquímica

Querido Paco:

No sé cómo empezar; siempre hemos hablado y tratado los problemas, las inquietudes, las ilusiones y las metas de nuestra Geoquímica vis a vis en nuestras reuniones. Ahora tú en lontananza... Aunque sabemos que estarás leyendo esta carta con pausa, detenidamente, tranquilo. Pero nos falta tu presencia, tu palabra adecuada en el momento oportuno, tu apoyo inmediato, tu sugerencia sin imposiciones. ¡Te echamos de menos...!

Vamos a seguir tus pasos y la Sección Técnica de Geoquímica, con todos los compañeros de nuestra Asociación y de nuestro Colegio, con nuestros inseparables colegas de los Colegios de Geólogos y de Ingenieros de Minas vamos a organizar el VII Congreso Ibérico y el XI Nacional de Geoquímica. Por eso te escribimos hoy esta carta, para que tú, desde allí, nos sigas sugiriendo ideas.

Hace unos meses se te notaba cansado. Algunos decían que ya no podías trabajar como siempre lo habías hecho: ¡ir a Soria! Me hubiera gustado, como un nuevo Cid Campeador, montarte en el coche, en vez del caballo, y llevarte a tu ciudad querida... Porque estoy convencido de que tu sola presencia, sin palabras, hubiera conseguido, una vez más, la participación y entrega de las instituciones y personalidades sorianas a nuestro congreso. ¡Pero te has ido antes!

Como leerás esto solo y no te ruborizarás, déjame que te diga que "en tu vida has hecho casi todo bien" (todo, todo, todo bien solo El de arriba). Nos has dejado un poso profundo de sabiduría, de erudición, de entrega al servicio del que te lo pedía..., como dijo un decano de tu Colegio de Químicos "Si queréis que una cosa salga adelante y con éxito, encargádsela a Paco de Pedro". Estoy convencido de que seguirás con ese espíritu de servicio.

Voy a hacerte una confidencia en voz alta: "Tu sentido del deber y de responsabilidad, tan arraigado en tu persona, te ha jugado al final una mala partida. Has querido seguir en la brecha sacando fuerza de flaqueza, y eso se paga, querido Paco. A pesar de todo, gracias por este nuevo testimonio.

Cuando estés leyendo estas líneas te hará sonreír el recuerdo de tu currículum, de las etapas de tu vida; de esa vida profesional y familiar tan llena de acciones, de éxitos y de amarguras... Eso lo recordábamos en tu homenaje hace unos años. Pero ahora, estamos convencidos de que este recuerdo ya no te importa porque eso valió solo para completar el conjunto de tu figura señera, la de un hombre con sus virtudes, sus pasiones, sus ideales, sus realizaciones, sus convicciones, su compromiso consigo mismo y con los demás que te han llevado a ser un "humanista".

Charles Moëller en uno de sus libros dice: "La tierra se halla liberada, el lugar está vacío, toda la mies ha sido recogida y los pájaros buscan el grano perdido. De los ojos de Violaine veía yo elevarse, entre las flores de esta primavera, una flor desconocida, la vocación a la muerte, como un lirio solemne. Ya no hay flores: solo hay frutos".

Tú, querido Paco, eres ese fruto. Has llegado a la meta... Desde allí, sigue leyendo nuestras misivas.

Te damos las gracias por todo lo que nos has dejado en tu persona. A muchos nos has tenido como alumnos: gracias por tus clases con clase. A otros, además, nos diste tu amistad: gracias, querido Paco.

Cuando hayas leído la carta, tómate tiempo. Sé que nos contestarás.

Tu Sección Técnica de Geoquímica y en nombre de todos, el secretario, tu amigo, Antonio Gutiérrez Maroto



de Pedro, que ha hecho la prospección geoquímica del uranio en casi toda España. Me comentaba: “en mi despacho de la Junta los papeles para el proyecto se pueden contar por metros cúbicos”, y en otra ocasión decía: “el centro de Soria va a tener unos 1.000 puestos de trabajo, de ellos unos 300 titulados superiores entre físicos, geólogos, químicos, ingenieros, etc., y ¿qué mejor que tener unos químicos geoquímicos?”

Hoy sigo pensando que posiblemente la especialidad se creó con esta finalidad, formar profesionales para un campo concreto. Y así comenzó la andadura de la Geoquímica desde Soria. Esta conjetura mía se ve corroborada cuando observamos las asignaturas específicas de la especialidad: Geoquímica, Prospección Geoquímica y Geoquímica Nuclear (Geología General, Petrología ígnea, metamórfica y sedimentaria, Edafología Hidrogeoquímica, Minerales de la Arcilla, Estadística para geoquímicos, Yacimientos y Metalogenia, etc.). Hay más aún: cuando en los años ochenta hay un cambio político en el Gobierno de la Nación, y una de sus primeras decisiones es el no a todo lo nuclear, el proyecto CINSO se ve paralizado con presupuesto cero. Francisco de Pedro se aleja de la Universidad Autónoma. Las personas que nos habíamos formado junto a él tomamos las asignaturas que él daba, principalmente Julio Astudillo que había realizado su tesina y tesis con él, y yo mismo. Un día me revela: “tuve que dejarlo, me parecía que había traicionado a los alumnos de la especialidad”.

En 1984, ya son 12 las promociones de geoquímicos; el número empieza a ser crítico. En Segovia se celebra el I Congreso Español de Geología. Entre los numerosos participantes se encuentran: el catedrático Ramón Coy-Yll y el que escribe, a la sazón profesor adjunto interino de la Universidad Autónoma de Madrid y geoquímico de la 1ª promoción de Químicas. Como antiguo profesor de la especialidad, el primero, y antiguo alumno, el segundo, tienen una conversación distendida durante una comida en las cercanías de Segovia, en la que en un momento dado el profesor Coy-Yll dice: “Ya es hora de que los químicos-geoquímicos organicéis un Congreso de Geoquímica”. Por estas mismas fechas, un día en el Colegio de Geólogos, el profesor Coy-Yll me enseñaba enfadado el libro blanco de Geología y me decía “mira, la Geoquímica no aparece nada más que”... y me dijo una cifra muy baja que no recuerdo. Era un geólogo que había sido profesor de la especialidad de Geoquímica y que no quería que desde su profesión se renunciara a un campo tan importante; por eso, añadió: “es el momento de hacer un Congreso de Geoquímica”.

Fue la chispa. Días más tarde, en el Laboratorio de Geoquímica de la Junta de Energía Nuclear se reunían los dos con el *alma mater* de la especialidad; el hombre cargado de una gran

experiencia geoquímica y el humanista insigne, Francisco de Pedro. Iba a ser el motor necesario para lanzar el Primer Congreso de Geoquímica.

El I Congreso de Geoquímica

Para organizar el I Congreso de Geoquímica se necesitaba unos patrocinadores; ¿quienes? Surgen nuevos impulsores: José Antonio Pérez López y Antonio Zapardiel, profesores de la Universidad Autónoma y, a la vez, secretarios del Colegio de Químicos de Madrid y de la Agrupación de Madrid-Castilla-La Mancha de Químicos. En la sesión del día 17 de mayo de la Junta Directiva, en el acta número 372 del Colegio, se dice: “el Sr. Pérez López plantea la organización, por parte del Colegio, de un Simposium de Geoquímica y Química Analítica”. En el acta 377 que recoge lo tratado en la Junta Directiva del 16 de octubre de 1984, en su punto 4º, el Sr. Vinos, decano, concede la palabra a los invitados Francisco de Pedro y Antonio Gutiérrez, “para que informen sobre la posible organización de un Congreso de Geoquímica en Soria.” El informe es: “Se han hecho gestiones preliminares en Soria y proponen los días 3, 4 y 5 de mayo de 1985 para el Congreso. Está confirmada la colaboración de la Diputación Provincial y del Gobernador Civil. Hay suficiente infraestructura hotelera y las sesiones tendrían lugar en el Aula Tirso de Molina. Se han incluido geólogos e ingenieros de minas en los distintos comités y se debe conectar con la Delegación Centro de la Asociación Nacional de Químicos Españoles (ANQUE)”.

Francisco de Pedro es el hombre de experiencia. Soria, su segunda patria chica, le conoce y el conoce los más recónditos vericuetos de su mundo institucional, cultural, político y profesional. Antonio Gutiérrez, licenciado joven, profesor titular, con ganas de lanzar su especialidad lo más alto posible, trata de procurar que los geoquímicos se sientan realizados profesionalmente. En esos años ya, tanto De Pedro como Gutiérrez, habían realizado más de seis cursos de Geoquímica de Campo en Soria con una duración de una semana, como prácticas de la especialidad.

Las juntas directivas pasan del estupor de un principio con su pregunta de: “¿qué es la Geoquímica?”, a “tenéis nuestro apoyo incondicional desde este momento. Si sale bien, magnífico, si sale mal el Colegio y la Agrupación estarán al lado de sus profesionales”.

En la Junta Directiva del mes de noviembre ya se ha conectado con el Colegio de Geólogos y, su presidente, a la sazón Antolín Aldonza, muestra vivo interés en ser coorganizadores con los químicos. La reacción no se puede parar, entonces se invita al Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas a tomar parte también en la organización.

El 29 de enero de 1985 ya están los tres colegios y la Agrupación Centro en la organización del I Congreso de Geoquímica, que finalmente será del 22 al 25 de septiembre de ese año en Soria. Su primera novedad es que se desliga de las universidades y son los colegios profesionales los que toman la organización.

El Comité de Dirección quedaría integrado por: los presidentes José Antonio Vinos Aldana, decano del Colegio Oficial de Químicos de Madrid, y Edilberto Fernández Álvarez, presidente de la ANQUE, Delegación Centro; los vicepresidentes Ramón Irisarri Yela, decano del Colegio de Ingenieros de Minas del Centro, Antolín Aldonza Moreno, presidente del Colegio Oficial de Geólogos de España, Francisco de Pedro Herrera, y Octavio Pérez Barrachina, decano del Colegio Oficial de Químicos de Zaragoza; el secretario general Armando Uriarte, secretario de la ANQUE (Delegación Centro).

En el Comité Organizador figuran además: presidente, Antonio Gutiérrez Maroto; vocales: por el Colegio de Químicos de Madrid y Agrupación: Antonio Zapardiel y Julio Astudillo; por el Colegio de Geólogos: Pilar Andonaegui y Mª José Pellicer, y por el Colegio de Ingenieros de Minas: Juan Francisco Llamas y Jesús Miñana. Como secretario, José Antonio Pérez López, secretario del Colegio de Químicos de Madrid. Y, finalmente, el Comité Científico estaba presidido por Ramón Coy-Yll y los investigadores Francisco de Pedro, Carmen Álvarez, Félix Cañada, Alfredo Hernández Pacheco, Manuel López Linares, y José López Ruiz.

La cita prolifa de los componentes de aquellos comités quiere ser un recuerdo homenaje a nuestras instituciones colegiales (químicos, geólogos e ingenieros de Minas) y la agrupación de ANQUE, pues no solo apoyaron este Congreso, sino que se identificaron y se comprometieron personalmente. Así el éxito estaba asegurado.

Las actas, las memorias, los periódicos locales y los informes están ahí y recogen los pormenores.

El Convenio entre los tres colegios profesionales y la ANQUE

Después del I Congreso, se firma un Convenio entre los tres colegios profesionales de Químicos, Ingenieros de Minas y Geólogos y nuestra agrupación de ANQUE para organizar, cada dos años, los Congresos Nacionales de Geoquímica de España, turnándose cada Colegio en la responsabilidad organizativa económica y apoyado en los restantes aspectos por los otros dos.

Así, el II Congreso Nacional en 1987 (del 20 al 25 de septiembre) será el Colegio de Geólogos el que lleve el peso económico apoyado en todo lo demás por los firmantes del Convenio. Eligen como presidente a otro gran geoquímico:

el profesor José M^a Fuster Casas. Como vicepresidentes a Antolín Aldonza Moreno, presidente del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España; Julio Tijero Miquel, decano y presidente del Colegio y Agrupación de Químicos de Madrid, y a José Ramón Irisarri Yela, decano del Consejo Superior de Ingenieros de Minas de Centro. Vocales: Ramón Coy Yll, Antonio Gutiérrez, Juan Fco. Llamas, Jesús Miñana, Francisco de Pedro, José Antonio Pérez López, Salvador Ordóñez y Jesús Soriano. Secretarios: Vicente Carpio y José Luis Ordóñez Fernández. Tesorera: Pilar Andonaegui.

Siguiendo el orden del Convenio,, en 1989, del 17 al 22 de septiembre, tiene lugar el III Congreso Nacional. Son los ingenieros de Minas los que llevan la organización. Como presidente está Emilio Llorente Gómez, director general del IGME, además de ingeniero químico. Más tarde, y apoyándose en dos personas de su confianza y comprometidos con esta Geoquímica, Juan Llamas y Ángel Cámara, desde la dirección del IGME, proyectará un libro de Geoquímica fruto de los congresos y en el que intervendrán geólogos, ingenieros y químicos participantes en estos eventos. El libro no se llegó a editar.

No quiero ser prolijo y guardo la lista de los siguientes congresos que una vez acabado el primer ciclo volverán en 1991 a organizar los químicos para seguir los geólogos y los ingenieros de Minas nuevamente. Como homenaje a su apoyo y entrega citaré solo a los presidentes y vicepresidentes que han sido nuestros decanos y presidentes en los colegios profesionales.

IV Nacional del 8 al 13 de septiembre de 1991

Presidente: Francisco de Pedro.

Vicepresidentes: Julio Tijero, José Ramón Irisarri y Santiago Leguey.

Secretario general: Antonio Gutiérrez.

V Nacional del 21 al 24 de septiembre de 1993

Presidente: Salvador Ordóñez.

Vicepresidentes: Luis Suárez Ordóñez, Pedro Fontanilla Soriano y Álvaro Badiola de Paz.

Secretario general: Jesús Soriano.

VI Nacional del 18 al 22 de septiembre de 1995

Presidente: Juan Manuel Kindelan Gómez de Bonilla.

Vicepresidentes: Pedro Fontanilla Soriano, Álvaro Badiola de Paz, Joaquín Copado Lope y Luis E. Suárez Ordóñez.

Secretarios: Ángel Cámara y Juan F. Llamas.

Algunas fotos de este congreso se pueden ver en las *figuras 1 y 2*.

Sí quiero resaltar algo muy importante: las Actas del Congreso.

En el I Congreso, con un resumen de dos páginas como máximo por trabajo, las actas se editan en una imprenta del barrio Lucero de Madrid. El

librito en formato casi octavilla no tiene más de 140 páginas. Para el II Congreso hay ya una persona que desde su puesto profesional gestiona que el CEDEX patrocine la impresión y edición de las Actas del Congreso, Jesús Soriano Carrillo. Estas Actas, en el III y IV Congresos tienen que ser editadas en dos tomos (en conjunto con unas 1.000 páginas) y, a partir del segundo, siempre ha sido el CEDEX el valorador de este importante aporte a los congresos.

En estos congresos, desde un principio, ha sido una preocupación primordial el atender a los investigadores jóvenes y ponerles en contacto con los profesionales. Francisco de Pedro decía: “tenemos que invitar y traer a los *senior* para que ellos arrastren a los jóvenes”. Por ello, se traen conferenciantes extranjeros, se desarrollan cursos paralelos al Congreso, se montan exposiciones educativas y de divulgación científica, que siempre han sido acogidas por el gran público soriano (imposible hacer en estos momentos historia de todas estas actividades que, unidas a otros eventos de Geoquímica en Soria, reflejan la gran simbiosis entre la Geoquímica y la ciudad de Soria).

Comienzan los Congresos Ibéricos de Geoquímica

En 1997 se va a celebrar el VII Congreso, es el tercer ciclo, pero la mayoría de edad de estos eventos por una parte y, por otra, la intervención de José López Ruiz. Desde su posición privilegiada de la Sociedad Geológica, del CSIC, y creo que también en ese tiempo de la revista *Estudios Geológicos* en su primera andadura, López Ruiz contacta con la investigadora Graciete Tavares Dias y con nuestros colegas portugueses, y se consigue que éste sea, a la vez, el I Congreso Ibérico de Geoquímica y VII de Geoquímica de España.

Su sede en Soria y por turno toca a las instituciones químicas llevar el peso del mismo. Acude una veintena de profesionales portugueses y comienzan los Congresos Ibéricos.

Presidentes: Álvaro Badiola y Cristóbal Nebot. Vicepresidentes: Luis Suárez Ordóñez, Emilio Llorente y Luis Aires Barros. Secretario general: Francisco de Pedro.

Desde ese momento, los Congresos Ibéricos se celebrarán con una cadencia de dos años, y los Nacionales, cuando toque en España, es decir, cada cuatro años.

El II Ibérico tiene lugar en Lisboa, del 14 al 17 de junio de 1999. Presidente: Luis Aires Barros. Vicepresidentes: Luis Suárez Ordóñez, Emilio Llorente y Cristóbal Nebot. *Figuras 3 y 4*.

III Ibérico y VIII Nacional de España en Zaragoza en 2001. Lo organizó el Colegio de Geólogos y fue coordinado por el geólogo Marceliano Lago, profesor de Petrología de la Universidad de Zaragoza. *Figura 5*.

IV Ibérico en Coímbra (Portugal) del 14 al 18 de julio de 2003. Fue coordinado por la doctora

Ana Margarida Neiva, de la Universidad de Coímbra. *Figuras 6 y 7*.

En estos dos Congresos se rompe un poco la continuidad y colaboración de los colegios y se teme por el futuro de los mismos. Pero dos años después, en 2005, el V Ibérico y IX Nacional de España vuelven a su sede habitual de Soria, del 20 al 23 de septiembre de 2005. Es el Consejo de Colegios de Ingenieros de Minas el encargado de su organización y prepara el homenaje a nuestro querido Francisco de Pedro siendo resaltado el acto por la presencia del secretario de Estado del Ministerio de Educación, el geólogo Salvador Ordóñez, que desde que en el II Congreso se incorporó como representante del Colegio de Geólogos no ha dejado de ser, a pesar de sus cargos, un gran promotor de estos eventos.

En 2007 vuelve el Congreso a Portugal para celebrar el VI Congreso Ibérico del 16 al 21 de julio, en la Universidad de Tras o Montes e Alto Douro en Vila-Real. Magnífica organización de la profesora M^a Elisa Preto Gomes y su equipo de colaboradores.

Y en el año 2009 nuevamente se celebra en Soria con el VII Ibérico y X Nacional. El cierre del mismo tuvo lugar con un sencillo acto en el que se hizo la presentación del número monográfico de la revista *Estudios Geológicos* dedicado íntegramente a trabajos del Congreso; hito que, después de muchos Congresos, se ha logrado alcanzar con la colaboración, como siempre, de todos los que en estos años han sentido los Congresos de Geoquímica como algo suyo.

Resumen y conclusión

A lo largo de estos 25 años, los Congresos de Geoquímica, como primer aspecto positivo, han unido a profesionales que, trabajando en campos comunes, se desconocían o se ignoraban.

La Geoquímica tradicional de Petrología y Geoquímica y, como algún científico comentaba, solo Petrología ígnea, pues para algunos la sedimentaria ni tenía cabida, ha pasado a ser Geoquímica Medioambiental, Hidrogeoquímica, Cosmogenioquímica, Geoquímica de los Materiales y Procesos Geológicos, Geoquímica Orgánica, Isotópica, Prospección, etc. Todos nos hemos dado cuenta de que la Geoquímica es una ciencia interdisciplinar y que está en las Ciencias de la Tierra.

En estos eventos congresuales, los artículos científicos que los investigadores han aportado se recogen en la *tabla 1* en la página siguiente.

El resultado final da más de 1.100 trabajos en los diferentes campos de nuestra Geoquímica.

Así nacieron los Congresos de Geoquímica de España, por la ilusión de todos los que se sintieron geoquímicos; por la fe y la confianza de unas Juntas Directivas de los Colegios

Profesionales de Químicos, Geólogos, Ingenieros de Minas y de la Agrupación de Químicos de Madrid que con una colaboración, ensamble y trabajo conjunto al firmar aquel convenio hicieron posible la realización de estos eventos, y los potenciaron dando entrada a nuestros colegas portugueses.

Quisiera mencionar al final de este breve memorando a aquellos sin los que estos congresos no hubieran llegado a término o hubieran cogido otras derivas. Por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos: Salvador Ordóñez, Jesús Soriano y, en la última década, José Luis Barrera. Por el Ilustre Colegio de Ingenieros de Minas: Juan Llamas y Ángel Cámara. Y por el Colegio y la

Tabla 1 - Número de participantes

I Congreso Nacional	57
II Congreso Nacional	68
III Congreso Nacional	82
IV Congreso Nacional	87
V Congreso Nacional	60
VI Congreso Nacional	58
I Ibérico / VII Nacional	90
II Ibérico	113
III Ibérico / VIII Nacional	61
IV Ibérico	143
V Ibérico / IX Nacional	58
VI Ibérico	143
VII Ibérico / X Nacional	107

Asociación de Químicos de Madrid: Francisco de Pedro, con el que siempre me he sentido unido de mente y corazón en estos campos de nuestra Geoquímica.

La Geoquímica es una ciencia interdisciplinar que Goldschmidt define como: "ciencia que trata de la abundancia, distribución y migración de los elementos químicos y de los nucleidos en todos los ambientes naturales".

Los Congresos de Geoquímica han abierto unos horizontes amplios a la Geoquímica, que tiene su campo específico en los ambientes geoquímicos: litosfera, hidrosfera, biosfera y atmósfera y que se puede redefinir como la Química de la Naturaleza.



Figura 1. VI Congreso Nacional de Geoquímica.



Disertación de D. Carlos de la Casa.



Varios momentos del concierto-diaporama dado por D. Francisco de Pedro y su esposa.



Figura 2. VI Congreso Nacional de Geoquímica.



1



2



3



4



5

1. Sesión de posters.
2. Palacio de Galvaías. Entrada a la recepción oficial.
3. Cena de Clausura en el Museo de la Electricidad.
4. Mesa Presidencial en la Cena de Clausura.
5. Documentación y recuerdos para los congresistas.

Figura 3. II Congreso Ibérico de Geoquímica.



6. Presidencia en el Acto de Apertura.
 7. Intervención del decano-presidente de los químicos de Madrid, vicepresidente del Congreso.
 8. Conferencia Plenaria de D. Emilio Llorente, vicepresidente del Congreso.
 9. Presidencia de Sesión Científica.
 10. Exposición de trabajos en el Auditorio del Instituto Superior Técnico.

Figura 4. II Congreso Ibérico de Geoquímica.



Sede del Congreso en Aragón (Zaragoza).



Intervención de los asistentes.



Presidencia del Acto de Clausura.



Los representantes de Químicos e Ingenieros de Minas con la Dra. Meiva, futura responsable de la Organización del IV Congreso Ibérico del 2003 en Coimbra.



Convivencia de congresistas en el comedor universitario.



Documentación dada a los asistentes.

Figura 5. III Congreso Ibérico de Geoquímica celebrado en Zaragoza.



Figura 6. IV Congreso Ibérico de Geoquímica celebrado en Coimbra.



Figura 7. IV Congreso Ibérico de Geoquímica celebrado en Coimbra.

Hace 40 años entró en erupción el volcán Teneguía, La Palma

La erupción del volcán Teneguía, que tuvo lugar en octubre de 1971 en la isla de La Palma, ha sido la última que ha ocurrido en las islas Canarias. Todavía, en próximos años veremos alguna más, probablemente en la dorsal noroeste de Tenerife, el lugar que mantiene desde hace años una crisis sísmica casi de forma permanente.

TEXTO | José Luis Barrera, geólogo especialista en vulcanología

Palabras clave
Teneguía, volcanes, La Palma, islas Canarias, riesgo volcánico

Nadie esperaba al Teneguía. En el año 1971, en España no existía ningún sistema de vigilancia volcánica. La pequeña estación hidropónica, una pequeña casa rectangular que la Universidad de Columbia tenía en la playa de Puerto Naos (derribada hace 4 años) para la vigilancia y detección sistemática del paso de los SSBN (Submarinos Balísticos de Propulsión Nuclear) de la URSS por el Atlántico, fue la que dio la voz de alarma. Los ruidos que registraban no correspondían con los de submarinos ni con otros aparatos conocidos. Conforme los precursores se hacían más intensos, concluyeron que los ruidos registrados se debían al ascenso magmático. Avisaron de que podía producirse una erupción volcánica en la parte sur de la isla, como así ocurrió.

Localización del volcán Teneguía

El Teneguía se ubica en el extremo sur de la isla, dentro del término municipal de Fuencaliente, y forma parte de la Dorsal de Cumbre Vieja, en la que se encuentran todas las erupciones históricas de La Palma (*figura 1*). Su emisión en la punta sur de la isla, una zona deshabitada, y el pequeño tamaño de la misma, hizo que no se produjeran daños muy graves.

Características de la erupción

La erupción del Teneguía fue de tipo estromboliano (como todas las erupciones históricas de Canarias) y la actividad efusiva, que duró 24 días, se extendió temporalmente desde el 26 de octubre de 1971 hasta el 28 de noviembre de ese año. Fue una erupción relativamente corta, la más corta de las históricas de Canarias.

El Teneguía emitió lavas basálticas alcalinas de tipo "aa" muy fluidas, a una temperatura de 1.200 °C, que avanzaron, en ocasiones, a velocidades de 120 metros por hora. Algunas lenguas llegaron al mar e hicieron crecer la isla unos 300.000 m² más por la costa del sur y algo por el este.

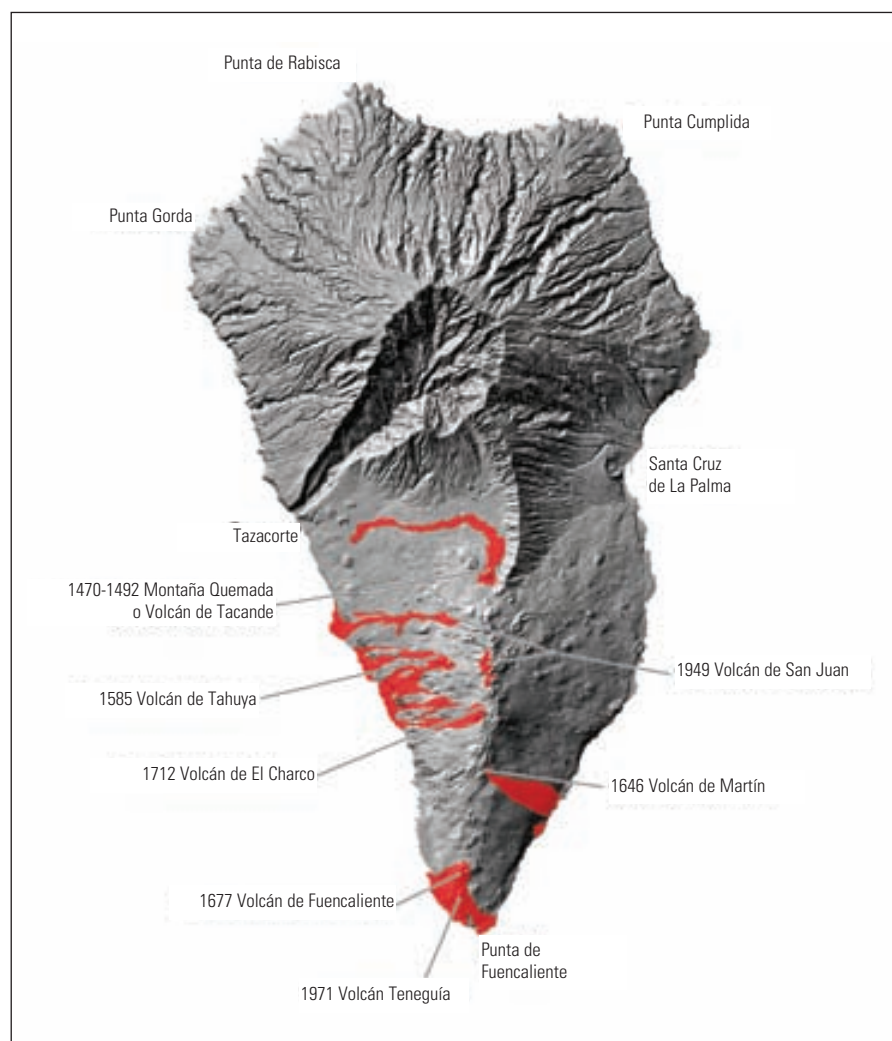


Figura 1. Erupciones históricas de La Palma (elaboración propia con datos del IGME-GRAFCAN).

Se formaron hasta siete conos de emisión de los que dos de ellos destacaron por su gran tamaño. El cono principal que se contempla hoy, abierto hacia el sur, alcanzó una altura de cerca de 100 m.

Se calcula que el volcán arrojó a la superficie unos 40 millones de m³ de magmas. Las lavas ocuparon una superficie de 2.135.000 m², de los cuales unos 290.000 fueron ganados al mar (*figura 2*).

Se observó una progresiva disminución en la porosidad de los materiales piroclásticos a lo largo de la erupción.

Un campo de fumarolas se mantuvo hasta algunos meses después de terminar el episodio eruptivo.

La emisión de gases y piroclastos se canalizó por una constante columna eruptiva, a veces inclinada, que alcanzaba los 200 m de altura.

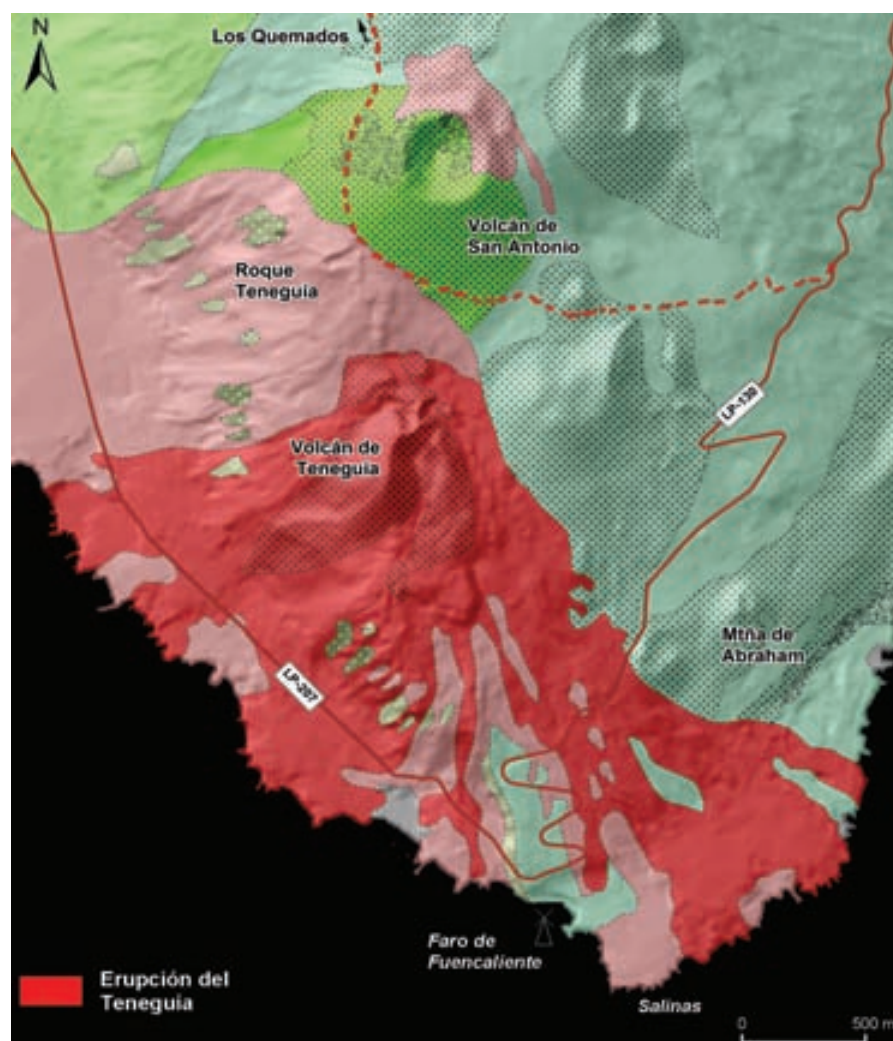


Figura 2. Mapa geológico de la erupción del Teneguía (elaboración propia con datos del IGME-GRAFCAN).

La población local comenzó a escuchar ruidos profundos en la mitad sur de la isla acompañados de algunos temblores esporádicos

Precusores de la erupción

Desde mediados del mes de octubre, la población local comenzó a escuchar ruidos profundos en la mitad sur de la isla acompañados de algunos temblores esporádicos. En la madrugada del día 20 de octubre se produjo el primer terremoto de cierta intensidad, que se sintió en los pueblos del valle de Aridane y en Fuencaliente. Las personas mayores, que habían vivido la erupción del volcán San Juan en 1949, manifestaban abiertamente que iba a ver una erupción volcánica. La población se alarmó porque comenzaron a aparecer grietas en algunas edificaciones.

El 22 de octubre, la estación hidrofónica americana de Puerto Naos, registró unos 1.000 movimientos sísmicos, a un ritmo de cuatro por minuto, produciéndose daños en algunas viviendas, desplome de paredes y riscos. La población de Fuencaliente salió a la calle atemorizada. El domingo 24 la situación se calmó, hasta el punto de que parecía que lo peor había pasado. Pero no fue así. La crisis sísmica continuó de forma intermitente hasta que la erupción, precedida de fuertes ruidos y temblores, se manifestó en toda su amplitud el martes 26 de octubre a las 15:06 de la tarde. Un resumen cronológico de los precursoros sísmicos está en la tabla 1.

La erupción

Cuando comenzaron los sismos precursoros de la erupción, las autoridades avisaron al geólogo tinerfeño y profesor de la Universidad de La Laguna, Telesforo Bravo. A su vez, éste llamó a París al catedrático de petrología de la Universidad Central de Madrid (hoy UCM), José María Fuster. Fuster viajó a Madrid y organizó un equipo técnico con sus colaboradores del Instituto Lucas Mallada (CSIC) y de la Facultad de Geología de Madrid. En aquella época, ese equipo era el único que hacía estudios de vulcanología en España. El día 27 se desplazó a La Palma junto al profesor Bravo. Por su parte, también se desplazó a la isla un equipo del Instituto Geográfico Nacional con sismógrafos.

Se improvisó un observatorio desde el que, durante las 24 horas del día, se vigilaba la actividad

Las lavas llevaban numerosas inclusiones de gabros y peridotitas, así como pequeños enclaves más o menos fundidos de rocas félsicas.

Este volcán ha sido el único que ha tenido víctimas mortales en Canarias. Se trató de Juan Acosta Rodríguez, vecino de Las Indias que, en

su afán de acercarse lo máximo posible a la lava, entró en una zona deprimida donde se acumulaban gases; falleció asfixiado en la zona conocida por Los Percheles. El volcán produjo daños materiales a los cultivos de vid de la zona y destruyó una playa.

Tabla 1. Precusores de la erupción

20 de octubre	De madrugada se produjo el primer terremoto de cierta intensidad.
21 de octubre	A las 12 del mediodía se producen intensos terremotos que se sienten en toda la isla, preferentemente en Fuencaliente.
22 de octubre	La estación hidrofónica americana de Puerto Naos registra unos 1.000 temblores en el día. Algunas edificaciones sufren agrietamiento. Parte de la población, principalmente en Los Llanos de Aridane, duerme en la calle.
23 de octubre	Desde la madrugada, los terremotos son cada vez más intensos. La población sale de sus casas.
24 de octubre	Hubo calma sísmica hasta las 11 de la noche.
25 de octubre	De madrugada, se sintió el terremoto más intenso hasta ese momento.
26 de octubre	Siguieron los sismos en Fuencaliente y las poblaciones cercanas. Hacia mediodía hubo una pausa sísmica que duró hasta las tres de la tarde. Unos seis minutos después (15:06 h) se produjeron fuertes ruidos subterráneos seguidos de varias explosiones de cierta intensidad que alarmaron a la población de Fuencaliente. Poco después, una densa columna de humo negro marcó el comienzo de la erupción.



Figura 3. Coladas del Teneguía entrando en el mar (Foto: E. Rodríguez Badiola).

del volcán: ritmo y magnitud de sus explosiones, apertura de nuevas bocas o su extinción, dirección y velocidad de las coladas, altura aproximada de la columna eruptiva, etc. El equipo realizó una cartografía diaria de la superficie cubierta por la lava, además de un muestreo secuencial de las rocas para su análisis petrográfico y geológico. También se tomaron muestras de gases que se analizaron en Francia.

El comienzo de la erupción (26 de octubre). El primer evento surgió al pie mismo del volcán de San Antonio, al norte de los cráteres principales actuales del Teneguía. El lugar era un llano de malpaís que constituye la planicie, a 200 m de altura, del apilamiento de lavas del paleoacantilado. Es terreno de cultivo de poco interés y protegido del pueblo de Fuencaliente por el volcán de San Antonio. Se abrió una fractura en dirección norte-sur de la que salían gases

y piroclastos incandescentes. Por la noche se inició la salida de lava que se acumulaba formando un incipiente cono sobre un extremo de la fractura.

Muy cerca de las primeras bocas eruptivas había campesinos trabajando en la vendimia; recogían las uvas que producirían el famoso vino de Fuencaliente y corrieron a dar la voz de alarma.

Al poco tiempo de comenzar la erupción apareció la Guardia Civil que evacuó a toda la población de la zona e instaló un puesto de control en Puente Roto (Villa de Mazo), ejerciendo un estricto control de paso. El gobernador civil, Antonio del Valle Menéndez, manifestó que mantenía contacto telefónico frecuente con el ministro de la Gobernación, Tomás Garicano Goñi, y que tanto el Jefe del Estado como el Príncipe Juan Carlos, estaban informados de la evolución del acontecimiento.

A primera hora de la mañana del jueves 28, se reactivó la erupción. Los conos fueron creciendo hasta alcanzar 100 m de altura

La erupción progresa. Poco a poco, los piroclastos se fueron amontonando formando un cono, el Teneguía I. Dos horas después del comienzo de la erupción, ya había dos bocas separadas entre sí unos 40 m, por las que salían materiales incandescentes. Debido a su escasa fuerza, los piroclastos volvían a caer dentro de las fisuras, proyectando trozos hacia los alrededores y formando más tarde dos lenguas de lava que descendieron hacia el faro de Fuencaliente, al que no llegaron a afectar. Algunos lugareños que pescaban en la zona tuvieron que huir en barcos al quedar cortada la carretera y verse atrapados entre las coladas y el mar. Cada rato que pasaba la columna de piroclastos era más alta. A las tres horas, la columna alcanzó unos 40-50 m de altura y, al oscurecer, ya se veía desde Fuencaliente. A esa hora se habían formado cuatro bocas situadas a poca distancia y las dos lenguas de lava se precipitaban al mar (figura 3), una por el acantilado de la costa, en la vertiente occidental, mientras que la otra siguió en dirección hacia la playa del faro.

A primera hora de la mañana del jueves 28, se reactivó la erupción. Los conos fueron creciendo hasta alcanzar 100 m de altura (figura 4) y las nubes de ceniza comenzaron a extenderse. Plantas y cultivos fueron seriamente afectados. Del volcán salió una lava muy fluida que alcanzó el mar, levantándose grandes columnas de vapor de agua.

El día 29, la tercera corriente de lava alcanza el mar. Dos días más tarde, se abrió una nueva boca muy violenta, acompañada de una enorme explosión que sembró el pánico entre la multitud. El volumen de lava se había multiplicado por cuatro y la columna eruptiva alcanzaba, en aquellos momentos, 400 m de altura. El pueblo de Los Quemados, situado al oeste del volcán, estaba totalmente cubierto de cenizas, la población lo había evacuado.

El día 1 de noviembre se abrió violentamente otra boca. La emisión de lava aumentó considerablemente.

El día 6 de noviembre, parte de la ladera suroccidental del cono principal se desplomó originando



Figura 4. Cono del Teneguía en plena erupción (Foto: E. Rodríguez Badiola).

una avalancha que se extendió rápidamente por la costa suroccidental. Al tiempo, aumentó la actividad de las fumarolas que emitían una elevada proporción de óxido de carbono y otros gases tóxicos, actividad que se incrementó de modo considerable el día 7.

Del lunes 8 al miércoles 10 la erupción continuó sin grandes novedades. El miércoles se abrieron dos nuevas bocas en el entorno de las principales y se acentuó la lluvia de cenizas. La lava era más viscosa, fluía más lentamente y se formaron bloques de 5 a 25 m de tamaño. El total de bocas activas era, el jueves día 11, de 8. La lava continuó fluyendo lentamente y el día 13 había ya activas 8 bocas de diferente tamaño.

El final de la erupción. La erupción permaneció en actividad constante hasta el día 18, en que tuvo lugar una emisión brusca de lava con producción de una nueva lengua que se dirigió al mar. Desde ese momento, la erupción fue disminuyendo su intensidad arrojando poca ceniza y emitiendo gases. Una de las coladas que descendían por el acantilado sepultó la playa de Albadalejos. El día 19 de noviembre cesó la actividad del Teneguía.

Epílogo

En las islas Canarias son recurrentes las crisis sísmicas. En la dorsal noroeste de Tenerife se produjo, en 2004, una de esas crisis que tuvo alarmada a la población durante varios meses. La sismicidad de la isla se sigue produciendo en esa misma zona. Lleva unos 300 años de inestabilidad volcánica y, tarde o temprano, aparecerá un nuevo volcán.

La isla de El Hierro ha tenido una crisis sísmica durante julio, agosto y septiembre de 2011, con más de 5.200 sismos (datos hasta el 1 de septiembre), todos concentrados en el volcán Tangarasoga, dentro de la depresión de El Golfo.

La población del archipiélago ha crecido mucho en estos 40 últimos años, por lo que el riesgo volcánico ha aumentado considerablemente. Ante tanto riesgo, la falta de un Instituto Vulcanológico en las islas Canarias, atendido por las Administraciones públicas, es un motivo de preocupación. El Senado ya aprobó en el año 2005 la creación del Instituto Vulcanológico de Canarias, una decisión



Figura 5. Estado actual del conjunto Teneguía (Foto: J. L. Barrera).

La erupción permaneció en actividad constante hasta el día 18, en que tuvo lugar una emisión brusca de lava con producción de una nueva lengua que se dirigió al mar

ratificada por el Parlamento de la comunidad en 2006. A pesar de esta aprobación, aún no hay ubicación ni acuerdo político para su instalación. Este instituto se viene reclamando insistentemente desde varios agentes sociales y científicos, no sólo en estos 6 últimos años, sino desde hace mucho más. Hace 100 años, el geólogo español que estudió la erupción del Chinyero en 1909, Fernández Navarro, manifestó al término de la conferencia pronunciada en Madrid: "[...] Las consideraciones anteriores nos llevan a manifestar la conveniencia

de instalar en las proximidades del volcán actual un observatorio sismológico y meteorológico. La instalación, tratándose de un establecimiento modesto, no es nada costosa, pudiéndose encargar las observaciones, mediante una pequeña retribución, a cualquier persona de alguna cultura científica, como médico, farmacéutico, maestro, etc. Ningún punto parece para esto más indicado que la villa de Icod, sitio en que las sacudidas sísmicas se han sentido con más intensidad que en el volcán mismo [...] También vale la pena recordar que en alguna nación extranjera parece agitarse la idea de crear en las inmediaciones del Teide algún centro de esta índole, lo cual sería vergonzoso para España, si por nuestra parte no hacíamos algo análogo" (Fernández Navarro, 1910).

Actualmente, los conos del Teneguía y todas sus coladas (figura 5) forman un espacio protegido independiente aunque su protección sigue siendo objeto de estudio y acuerdos, siempre teniendo en cuenta que gran parte del monumento natural es de propiedad privada.

Agradecimientos

A Biosfera XXI y a Raúl Mohedas por la adaptación de los gráficos.

Bibliografía

- Díaz Lorenzo, J. C. (2010). Blog: Memoria del volcán Teneguía. <http://fuegoeterno.wordpress.com/2010/06/06/memoria-del-volcan-teneguia/>.
- Fernández Navarro, L. (1910). "Resumen de la conferencia acerca de la erupción del Chinyero". *Bol. de la Sociedad Española de Historia Natural*, X, 104-122, dos láminas.
- Hernández Pacheco, A. y Valls, M.^a C. (1982). "The Historic Eruptions of La Palma Island (Canaries), Archipelago". *Revista da Universidade dos Acores*, III, 83-94, 1982.
- IGME-PARQUES NACIONALES (en prensa). *Guía geológica del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, La Palma*.
- VV AA (1974). La erupción del Teneguía. *Estudios Geológicos*, volumen monográfico del Teneguía.

Los Geolodías

Geolodía 11 es una iniciativa de divulgación de la Geología y de la profesión del geólogo a través de una de sus facetas más atrayentes para el público en general: las excursiones de campo. Las cincuenta excursiones ofertadas este año, en lugares que abarcan desde los entornos de las ciudades hasta espacios naturales protegidos, estuvieron supervisadas por geólogos pertenecientes a diversas instituciones, sociedades y asociaciones. Esta iniciativa está promovida por la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT) y por la Sociedad Geológica de España (SGE), con la colaboración del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG), y con financiación de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

Geolodía de Madrid 2011

El “Hueco de San Blas”, Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares

Texto | Ángel Salazar Rincón, IGME y SGE

El domingo 8 de mayo se celebró el segundo **Geolodía de Madrid**, en el paraje llamado Hueco de San Blas, que se localiza dentro del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, entre los términos municipales de Soto del Real, Colmenar Viejo, Manzanares el Real y Miraflores. El Hueco de San Blas presenta un relieve singular: un piedemonte, que en parte es continuación de la fosa tectónica de Guadalix, encajado entre las elevadas montañas de la Cuerda Larga, el laberíntico relieve granítico de La Pedriz del Manzanares y el solitario cerro de San Pedro. Se trata de un paisaje eminentemente geológico, lleno de contrastes, que tiene su origen en el desigual comportamiento frente a la erosión que presentan las diferentes litologías y en los procesos geológicos que han ocurrido a lo largo de los últimos millones de años; por ello, el título escogido para la excursión fue: “El relieve de la Sierra: rocas y procesos geológicos”.

El total de asistentes fue de 90, que acudieron en sus vehículos particulares. Los asistentes se distribuyeron en tres grupos, uno de ellos dirigido a familias con niños. Cada grupo realizó el recorrido acompañado por dos monitores del IGME y un educador ambiental del Centro Manzanares. Los monitores del IGME fueron: Francisco de Borja Nozal, Pablo Valverde Vaquero, Fabián López Olmedo, Javier Escuder Viruete, Enrique Díaz Martínez y Ángel Salazar Rincón. Cabe señalar que era necesario reservar plaza con antelación y que, una semana antes del evento, todas las plazas estaban cubiertas y había una larga lista de espera.

El Geolodía 11 de Madrid fue organizado por el IGME y la Red de Centros de Educación Ambiental (Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio) de la Comunidad de Madrid.



Figura 1. Explicaciones a los asistentes sobre los gneises de la sierra de Guadarrama.

La actividad se incluyó en el programa de actividades de primavera del Centro de Educación Ambiental Manzanares.

El itinerario concreto, que incluía un breve trayecto en coche y un recorrido andando de unos 8,5 km, constaba de 7 paradas (véase *mapa 1 adjunto*):

- **Parada 1:** mirador de la ermita de Nuestra Señora de los Remedios. Desde aquí se observan granitos del Carbonífero y filones de pegmatitas. Pero lo fundamental en esta parada es la interpretación de la panorámica general de la zona donde se desarrolla el resto de la actividad y servir de punto de encuentro fácil de localizar.

- **Parada 2:** calerizas del puente de los once ojos (Soto del Real). La parada permite observar las calizas y dolomías del Cretácico superior, como ejemplo característico de rocas sedimentarias, una “rareza” geológica en la sierra de Guadarrama. Como es sabido, el interés regional de estas formaciones es diverso: representan el límite occidental de la máxima trasgresión marina del Mesozoico. Constituyen el marcador tectónico principal para la orogenia alpina y tienen asociada una flora calcícola en un entorno eminentemente silicícola. Fueron tradicionalmente empleadas como roca ornamental y como recurso para obtener cal (de ahí su nombre local: “calerizas”).



Mapa 1. Mapa geológico con el itinerario.



Figura 2. Geología activa: los participantes y los monitores comprueban la alta angulosidad de los clastos del arroyo Mediano y la baja temperatura de sus aguas.



Figura 4. Geología contemplativa: Matacanchal es un paraje ideal para explicar geomorfología granítica, pero también para almorzar y disfrutar de un día en el campo.



Figura 3. El Canto del Berrueco, una roca singular situada en el borde del Hueco de San Blas.

- **Parada 3:** afloramiento de gneis del depósito de agua (Soto del Real) (figura 1). En la parada se mostró un afloramiento típico de gneises glandulares de la Morcuera, una de las litologías principales del entorno y que constituyen las elevaciones del cerro de San Pedro y buena parte de la Cuerda Larga.
- **Parada 4 y 6:** huertos del Mediano y vado del arroyo Mediano (figura 2). En ambas paradas se inspeccionaron los sedimentos recientes que forman el abanico aluvial del arroyo Mediano, las relaciones de los sedimentos con los materiales encajantes y la morfología del abanico. En la parada 4 se observaron las facies medias de dicho abanico y, en la 6, las del ápice, pudiendo los asistentes percatarse de las diferencias texturales existentes.
- **Parada 5:** Canto del Berrueco (figura 3). En esta parada se observaron los granitos (leucogranitos) que constituyen el macizo de La Pedriza, así como unas antiguas canteras de rocas filonianas y la piedra caballera llamada Canto del Berrueco.
- **Parada 7:** Matacanchal (figura 4). Un agradable paraje, ideal para descansar, charlar y almorzar, y donde los granitos muestran facies muy diferentes a los de La Pedriza (monzogranitos glandulares); en el lugar se pueden observar multitud de formas de meteorización y erosión tales como lanchares, pilancones, *taffonis*, balmas, etc.

Por el resultado de las encuestas realizadas, se puede concluir que el grado de satisfacción de los asistentes fue muy alto. Por ello, en el año 2012 esperamos poder celebrar el tercer Geolodía de Madrid, y atender a un número equivalente o superior de interesados.

Geolodía de Guadalajara 2011

En el Señorío de Molina: sierra de Caldereros y Fuentelsaz

TEXTO | Amelia Calonge García, Universidad de Alcalá y AEPECT

El domingo 8 de mayo se celebró el tercer Geolodía de Guadalajara. Los lugares elegidos fueron la sierra de Caldereros y Fuentelsaz, dos “joyas geológicas” ubicadas en la comarca del Señorío de Molina. Estos espacios se incluyen en el área propuesta como Geoparque de la comarca de Molina y el Alto Tajo, de manera que Geolodía 11 se presenta como una iniciativa de apoyo a la candidatura del Geoparque.

En total, el Geolodía de Guadalajara 2011 contó con más de 220 participantes; 178 participantes que se distribuyeron entre los tres autobuses, y cerca de 50 participantes que se acercaron por su cuenta, 20 de ellos en bicicleta. El público mostró una notable diversidad de edad y procedencia, y fueron muy abundantes las familias. Tres autobuses partieron desde la plaza del Infantado de Guadalajara el domingo a las 9:00 h. Estos autobuses fueron guiados por los monitores: Luis Carcavilla, Alberto Lebron, Ángel Sanz y Amelia Calonge. Hay que indicar que era necesario reservar con antelación y el cupo de los autobuses se llenó cinco días antes de la celebración del Geolodía, con 178 personas inscritas y varias en lista de espera. Además, casi 50 participantes se acercaron con sus vehículos, ya fuera siguiendo el recorrido de los autobuses o realizando el recorrido a su gusto.

El Geolodía de Guadalajara 2011 ha sido organizado por la Universidad de Alcalá de Henares, el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) y la Diputación de Guadalajara. Además, han colaborado en la organización el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Parque Natural del Alto Tajo, y otras instituciones y entidades que respaldaron su materialización, tales como la Asociación de Amigos del Museo de Molina, Red de Áreas Protegidas de Castilla-La Mancha (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha), Universidad Complutense de Madrid y el Museo de Molina de Aragón.

El itinerario concreto con las paradas con las dos paradas (véase mapa 2) fue:

- **Parada 1:** sierra de Caldereros-Castillo de Zafra (figura 5). La sierra de Caldereros constituye uno de los paisajes más espectaculares de la provincia de Guadalajara. Labrada sobre arenisca y conglomerados rojizos del Triásico, en ella se sitúa el Castillo de Zafra, de propiedad privada. En esta zona se hicieron las siguientes paradas:





Figura 6. Explicaciones en las proximidades del castillo sobre la historia, fauna y vegetación (parada 1d).

- a. Los conglomerados: testigos de antiguos abanicos aluviales. Monitores: Javier Temiño y Juan Antonio Calvo.
- b. La estructura de la sierra. Monitores: José A. Martínez y Sara López Lucía.
- c. Las areniscas testigos de ríos de hace 249 millones de años. Monitores: Raúl Gorgués y Fernando Santander.
- d. El monumento natural de la sierra: historia, fauna y vegetación. Monitores: Alejandro Mediavilla y Raquel Ibáñez (figura 6).
- e. Castillo de Zafra (figura 7).

- **Parada 2: estratotipo de Fuentelsaz.** Este lugar de relevancia internacional constituye la mejor sección estratigráfica de un periodo del Jurásico medio. Es un lugar de excepcional valor científico, pero de difícil apreciación por parte del público no entendido (figura 8). Por ello se propone aprovechar esta excursión guiada para transmitir el valor de este lugar. Monitores: Antonio Goy y Marisol Ureta.

En todas estas paradas un equipo de monitores estuvo dando explicaciones y, en la última, el Ayuntamiento de Fuentelsaz ofreció un refresco a todos los participantes.

La alta participación, el entusiasmo puesto por los participantes y el alto grado de satisfacción mostrado por los mismos nos lleva a pensar que la actividad ha sido un éxito. Por ello, en el año 2012 se celebrará el cuarto Geolodía de Guadalajara, esperando que la respuesta sea igual de positiva.



Figura 7. El espectacular Castillo de Zafra estuvo abierto especialmente para los participantes.



Figura 8. Explicaciones en las proximidades de Fuentelsaz.

II Olimpiada Española de Geología

TEXTO Y FOTOGRAFÍAS | Amelia Calonge García. Presidenta AEPECT. presidencia@aepect.org

En el año 2010, la Geología se sumó a las olimpiadas científicas españolas y, para ello, diversas instituciones vinculadas con la Geología, y coordinadas por AEPECT, organizaron la I Olimpiada Española de Geología.

La gran acogida que tuvo esta actividad con aproximadamente 600 participantes nos ha animado a organizar una nueva edición en el año 2011 (<http://www.aepect.org/olimpiadasgeologia/index2011.htm>), con el objetivo de participar en las Olimpiadas Internacionales de Geología: IESO (2011 <http://www.ieso2011.unimore.it/>).

La Fase Territorial se realizó a nivel provincial a lo largo de febrero de 2011 con la participación de 1.020 estudiantes.

Desarrollo de la II Olimpiada Española de Geología

La Fase Nacional de las Olimpiadas de Geología tuvo lugar el día 26 de marzo en Madrid (*figura 1*), y a ella acudieron cuatro ganadores de cada Fase Territorial. Esta fase consistió en una primera parte en la que los participantes demostraron sus conocimientos respondiendo a las preguntas planteadas en una "gymkhana" que tuvo lugar en el CosmoCaixa de Madrid.

Así, a las 10:00 horas del sábado 26 de marzo, los 72 estudiantes y sus profesores, procedentes de 24 provincias, fueron recibidos por la presidenta de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT), Amelia Calonge, para realizar una prueba diseñada por profesores de la Universidad Complutense de Madrid (Elena Moreno, Agustín Senderos y Juan D. Centeno), con ejercicios muy diversos repartidos por las instalaciones de CosmoCaixa, que aportó el apoyo de Antonio García Fernández, director de Actividades de la Institución. Durante las pruebas, una docena de estudiantes de Geología de la UCM actuaron como monitores para guiar a los participantes.

A las 12:30 horas, mientras varios profesores de AEPECT evaluaban las pruebas, los estudiantes se dividieron en dos grupos para participar en sendos talleres: "El Sistema Solar y más allá: debates, enigmas, fronteras" (a cargo de Francisco Anguita, profesor de la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM) y "Descubriendo nuestros pasos a través de Atapuerca" (Ignacio Martínez Mendizábal, Ana Gracia Téllez, Jaime Lira y Alejandro Bonmatí, investigadores de las excavaciones de Atapuerca).

A partir de las 15:30 horas, disfrutaron de una visita guiada por los diferentes espacios de CosmoCaixa que prestó sus instalaciones y apoyo a las Olimpiadas Española y Madrileña de Geología.



Figura 1. Participantes en la Fase Final de la II Olimpiada Española de Geología celebrada el día 26 de marzo, en Madrid.

Entrega de premios

El acto de entrega de premios tuvo lugar a las 18:00 horas y estuvo presidido por el presidente del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, Luis E. Suárez, por la directora del IGME, Rosa de Vidania Muñoz, el decano de la Facultad de C.C. Geológicas de la UCM, Ramón Mas, la presidenta de la Sociedad Geológica de España, representada por Isabel Rábano, y la presidenta de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, Amelia Calonge, quien coordinó este acto (*figura 2*).

Los ganadores de la II Olimpiada Española de Geología (*figura 3*) son:

- Lucía Santas Lajusticia. IES. Juan de Lanuza (Borja, Zaragoza).
- Héctor Navarro García. IES Ramón Arcas Meca (Lorca, Murcia).
- Jorge Martínez Solaz. IES Benicalap (Valencia).
- Ana María Fandiño Argibay. IES Rosalía de Castro (Santiago de Compostela, A Coruña).

Estos alumnos participarán en las Olimpiadas Internacionales que se celebrarán en Módena (Italia) en septiembre de este año. Todos los finalistas obtuvieron un diploma y un obsequio según las posiciones que hubiesen obtenido.



Figura 2. Los representantes de las instituciones durante el acto de clausura.



Figura 3. Los cuatro estudiantes premiados, junto a los representantes institucionales.

Agradecimientos

Aprovecho estas líneas para agradecer a toda la Comisión organizadora el esfuerzo que han realizado para que las Olimpiadas fueran un éxito. En este sentido, Antonio García Fernández, Juan D. Centeno, Agustín Senderos y Elena Moreno, muchas gracias. hago extensivo mi agradecimiento al equipo de correctores: Luisa Quintanilla, José A. Pascual, Montse Vehi, Bernardo Rojo, Ángel Saiz y José M^º Ruiz. También dar las gracias a todos los profesores acompañantes que se desplazaron con los participantes hasta Madrid y a los estudiantes de la Facultad de Geológicas que actuaron de monitores.

Finalmente, agradecer el apoyo a todos los patrocinadores: CosmoCaixa, Repsol, Geonatura, Editorial Santillana, IGME, Triana Science & Technology, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Fundación Ancestros, UCM, UAH y el Corte Inglés. Y muy especialmente a las instituciones que convocan y promueven esta iniciativa: AEPECT, SGE e ICOG.

Jornada sobre “El asentamiento diferencial en cimentaciones: Análisis de los efectos sobre las estructuras y soluciones para la consolidación”

El 23 de marzo de 2011 se celebró en la Facultad de Geología de la Universidad de Oviedo la jornada sobre asentamientos diferenciales en cimentaciones. La jornada se llevó a cabo con la colaboración del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de Asturias, la Facultad de Geología y la Universidad de Oviedo, conjuntamente con la empresa Uretek Soluciones Innovadoras.

La jornada fue todo un éxito, con una asistencia superior a 90 personas, tanto estudiantes de último curso como profesionales del sector, y con una gran participación activa de los asistentes.

Durante la jornada, **Uretek** propuso **soluciones** mediante **inyecciones de resina expansiva** al problema de asentamientos planteado. El tronco principal de la jornada ha consistido en explicar el fundamento teórico de la tecnología Deep Injection, solución específica para este tipo de problemas propuesta por la empresa Uretek.

La intervención de recompresión y consolidación propuesta tiene como objetivo **augmentar la capacidad portante del terreno de cimentación**.



La metodología de intervención, objeto de patente europea n. 0851064, propiedad de la empresa Uretek S.r.l., consiste en la densificación en profundidad del terreno a través de la inyección en el mismo de resinas de poliuretano a alta presión de hinchamiento; al expandirse, dichas resinas transmiten al volumen sólido que está alrededor una acción de compactación que produce un aumento de consistencia.

La ejecución de las perforaciones de inyección se realizará mediante taladros manuales eléctricos de rotoperforación y tendrán un diámetro comprendido entre 18 y 26 mm. Este sistema de perforación, ampliamente testado en edificios de valor elevado, no transmite vibraciones considerables a las estructuras. De esta manera será posible llegar con precisión al terreno que necesita ser tratado y localizar exactamente el efecto de las inyecciones.

La colocación de los conductos de inyección tendrá lugar tras la perforación; a partir de ese momento, se comenzará a inyectar mediante una pistola que, al insertarse en la boca del agujero, introducirá en el conducto subterráneo la resina a alta presión de hinchamiento previamente mezclada en una cámara específica de premezcla contenida en el interior de la misma.

La expansión de la resina continúa hasta que el terreno tratado es tan compacto que rechaza una mayor compresión, y hace que la resina se expanda hacia arriba causando el levantamiento del edificio. En el edificio se posicionan niveles láser donde se puedan evidenciar mínimos movimientos milimétricos: cuando se observa un principio de levantamiento se interrumpe la inyección y el tratamiento se concluye de manera segura y definitiva.

La secuencia de los agujeros a través de los cuales se ejecuta la inyección, así como la modalidad de ejecución y el control del tratamiento, estarán planificados y serán objeto de un proyecto específico realizado en función de los objetivos a alcanzar.

Los puntos de inyección tendrán una sucesión alternada, para favorecer el comienzo del proceso de disipación de las presiones que se producirán por el hinchamiento de la resina en el terreno.

Durante toda la duración de las obras, la intervención será monitorizada a través de una específica instrumentación láser apta para registrar los movimientos de la estructura con precisión $> 0,1$ mm.



Los mapas de Galicia en relieve de Isidro y Salvador Parga Pondal

Desde sus inicios en la investigación científica, Isidro Parga Pondal estuvo interesado en dar a conocer a la sociedad la importancia que el conocimiento de los estudios geoquímicos y geológicos tiene para el desarrollo económico de un país, dadas las múltiples aplicaciones de los recursos mineros. Una de las facetas que desarrolló para divulgar esta información fueron sus estudios sobre cartografía geológica, que llevó al Instituto Geológico y Minero de España a publicar varios de los mapas y memorias explicativas hechas por Isidro, centradas en el noroeste de la Península Ibérica. El presente trabajo trata sobre sus mapas de Galicia en relieve a escala 1:100.000 hechos en escayola, trabajo previo a los publicados por el IGME, y para cuya realización Isidro Parga contó con la gran ayuda de su hermano Salvador Parga Pondal.

TEXTO | Francisco J. Leonardo Docanto

Palabras clave

Isidro Parga Pondal, mapas, Geología, Geografía, Galicia

Isidro Parga Pondal fue profesor auxiliar de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Santiago de Compostela desde el año 1922 hasta 1936, periodo en el que inició sus investigaciones sobre geoquímica. Al comenzar la Guerra Civil, fue expulsado de la universidad, acusándole de ideología progresista y galleguista, marchándose a Laxe (A Coruña), su pueblo natal, donde fundó, en 1940, el Laboratorio Geológico de Lage, que durante sus 25 años de existencia fue la única institución gallega dedicada al estudio de la Geología (Vidal, 2009). En este Laboratorio, Parga continuó su trabajo como investigador, realizando excursiones por Galicia, solo o acompañado de otros importantes científicos, para recoger material que permitiera profundizar en el conocimiento del subsuelo de esta región. Como resultado, llegó a reunir una colección de más de 4.000 rocas gallegas, más de 150 especies distintas de minerales, muchas de gran interés económico, una importante colección de testigos de arenas de todas las playas de esta comunidad y otra de aluviones recogidos en el interior de Galicia. Todas estas muestras fueron estudiadas y en ellas encontró materiales de gran importancia científica y económica. A partir de las rocas tipo recogidas realizó preparaciones microscópicas que dieron lugar a una colección micrográfica de más de 1.000 muestras (Sos Baynat, 1953).

Gracias a estos estudios, Isidro reunió información suficiente para realizar mapas geológicos de Galicia con una precisión que nunca se había hecho, aportando gran cantidad de nuevos datos. Algunos de estos mapas fueron hechos en relieve, en el taller de modelado en escayola que ocupaba una dependencia amplia en la planta baja del edificio que albergaba el Laboratorio

Geológico. Allí realizó mapas a escala 1:25.000, tomados del Mapa Topográfico Nacional, y que presidían los muebles que guardaban las colecciones petrográficas. Estos mapas, coloreados de acuerdo con las investigaciones geológicas de este investigador, eran un antecedente de los que luego publicó el IGME a escala 1:50.000 (Plan MAGNA), que iban acompañados de las memorias explicativas escritas por el propio Parga.

Gracias a estos estudios, Isidro reunió información suficiente para realizar mapas geológicos de Galicia con una precisión que nunca se había hecho

La colaboración de Isidro Parga Pondal con el Instituto Geológico y Minero de España había comenzado en el año 1945, fecha en la que le fue ofrecida la incorporación a dicha institución, con el objeto de colaborar en la realización del mapa geológico de Galicia a escala 1:50.000. Con esta finalidad, Agustín Marín y Primitivo Hernández Sampelayo, ingenieros de Minas del IGME, habían visitado a Isidro en su casa de Laxe.

Aparte de los mapas 1:25.000, Isidro Parga Pondal dirigió la realización de cinco mapas de Galicia en relieve a escala 1:100.000, de los cuales nos ocupamos en el presente artículo. Para la realización de los mismos, Isidro contó con la colaboración de su hermano Salvador Parga Pondal, profesor en la antigua Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Santiago.

Características de los mapas en relieve de Galicia a escala 1:100 000 de los hermanos Parga Pondal

Estos grandes mapas en relieve de Galicia fueron hechos a escala 1:100.000 horizontal y 1:20.000 vertical (Fraguas Fraguas, 1956), teniendo como base el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, hecho que se demuestra porque por la parte de atrás de cada una de las piezas que conforman estos mapas aparece grabada la numeración que llevan las distintas regiones de Galicia en los mapas topográficos nacionales de dicha escala.

Los mapas están formados por 96 bloques (12 de alto por 8 de ancho) articulados a modo de un gran puzzle. Cada una de estas piezas tiene unas dimensiones de 19 x 27,5 cm, si bien son más estrechas en la parte superior del mapa, por su tipo de proyección. El resultado es una representación de Galicia en relieve con unas dimensiones de 2,30 m de ancho por 2,40 m de alto.

Como se explicará más adelante, en primer lugar se realizó el mapa que serviría de base para el Mapa Petrográfico Estructural de Galicia que Isidro publicaría en el año 1963. A partir de este primer mapa se hicieron cuatro copias de la misma obra. Cada pieza del mapa original se hizo de forma artesanal, según una idea original de los hermanos Parga Pondal. El levantamiento se realizó

uniendo capas de caolín de medio centímetro de grosor, que habían sido recortadas según la curva de nivel correspondiente y colocadas a partir de cero, con arreglo a las curvas de los planos de relieve y escalonadas hasta la última cota (Fraguas Fraguas, 1956). Una vez hecho esto se realizaron unos moldes de escayola, a partir de los cuales se obtuvo un mapa de Galicia con un relieve perfectamente detallado, mostrándose los puntos de gran relieve en zonas de alturas intermedias, los macizos montañosos, las grandes elevaciones próximas a la costa, las redes hidrográficas y el litoral gallego, con las entradas de las rías. El mapa también incluye las islas próximas a las costas gallegas, tanto las de mayor extensión como los pequeños islotes. Así se realizó la base del mapa que en la actualidad se conserva en el Laboratorio Xeolóxico de Laxe en O Castro, Sada (A Coruña).

Una vez hecho el mapa original se obtuvieron cuatro réplicas con las mismas características topográficas. Algunas de ellas fueron pintadas de formas diferentes para cumplir distintas funciones educativas. Estas copias tuvieron varios destinos: la primera reproducción, y por tanto el segundo mapa realizado, se encuentra en la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Santiago. La segunda copia está en la actualidad en el Instituto de Enseñanza Secundaria "Salvador de Madariaga" de A Coruña. A continuación debió realizarse el mapa que se exhibe en el Museo de Historia Natural de la Universidad Compostelana y, más tarde, el que se puede ver en el Instituto de Investigaciones Agrobiológicas, en Santiago de Compostela.

El mapa petrográfico estructural de Galicia

Es la obra original y el que sirvió de base para la elaboración de los moldes a partir de los cuales se elaboraron los otros cuatro mapas. De todos ellos, es el que más tiempo tardó en completarse, no solo en elaborar el mapa base, según el proceso ya explicado, sino el invertido en su pintado, que se inició antes de 1953 y duró cerca de 10 años. Para este pintado fueron utilizados los colores internacionalmente adoptados para los materiales geológicos, excepto pequeñas variaciones necesarias para una diferenciación más clara de los materiales representados.

El geólogo y paleontólogo Vicente Sos Baynat, en una de sus visitas al Laboratorio Geológico de Lage, en 1953, tuvo la oportunidad de observar el mapa. Este tenía pintada solo la parte occidental del territorio gallego, región a la que Isidro había dedicado más tiempo a estudiar. A pesar de no estar pintado en su totalidad, Sos Baynat se dio cuenta de que la obra ya permitía observar la importancia que tendría una vez finalizado. Al compararlo con los mapas geológicos de Galicia existentes hasta esa fecha, como el



Figura 1. Mapa petrográfico estructural de Galicia, ubicado en el Laboratorio Xeolóxico de Laxe.

del Instituto Geológico Nacional o el de Guillermo Schulz, la obra de Parga tenía importantes diferencias y novedades, derivadas de errores en la distribución y naturaleza de ciertas rocas, que convertían a este mapa en el más detallado hasta la fecha. La zona oriental de Galicia, que en el año 1953 estaba sin representar geológicamente en el mapa, había sido detenidamente estudiada por el ingeniero de Minas Primitivo Hernández Sampelayo, por lo que su labor debió de servir de base a Isidro para completar el pintado de esta obra.

Se obtuvieron cuatro
réplicas con las mismas
características topográficas.
Algunas de ellas fueron
pintadas de formas
diferentes para cumplir
distintas funciones
educativas

Si bien el mapa es un trabajo hecho principalmente por Isidro Parga, hay que destacar que contó con importantes colaboradores en el estudio de la geología de Galicia, como Gabriel Martín Cardoso, catedrático de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Central, Eugenio Torre Enciso, catedrático de Ciencias de Enseñanza Media de A Coruña, o Juan M. López Azcona, ingeniero de Minas y miembro del Instituto Geológico y Minero de España (Sos Baynat, 1953). Probablemente la colaboración de estos y otros investigadores fue necesaria para obtener la información plasmada en esta obra. En la realización de este mapa tuvo gran importancia la participación de Salvador Parga Pondal, que pintó tanto la distinta naturaleza geológica de cada zona, siguiendo las instrucciones de su hermano, como los detalles de tipo geográfico, relacionados con los acontecimientos geológicos sucedidos y que ayudan a una mejor comprensión de la obra.

En la actualidad, este mapa se encuentra en el Laboratorio Xeolóxico de Laxe en O Castro (A Coruña), a donde fue trasladado todo el material del antiguo Laboratorio Geológico de Lage tras el duro golpe que supuso para Isidro Parga Pondal el fallecimiento de su esposa, en 1976, y su hijo, en 1978. En el año 1979, fecha en la que se produjo este traslado, y tras la llegada a su nueva

ubicación, el mapa fue restaurado para no perder la valiosa información que representa. Esta labor fue realizada por Rosendo Díaz, hijo de Isaac Díaz Pardo, fundador del grupo Sargadelos y protector y amigo de Isidro Parga.

Este gran mapa petrográfico estructural fue el antecedente del que publicó el IGME a escala 1:400.000 en el año 1963, obra de Isidro Parga Pondal, y que fue utilizado como guía del Mapa Geológico del Macizo Hespérico Peninsular a escala 1:500.000, publicado en 1982, realizado bajo la dirección de Isidro Parga Pondal, en el que colaboraron científicos de 16 universidades europeas y que está considerado como la base del conocimiento geológico moderno de Galicia.

El mapa de la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Santiago de Compostela

Situado en una de las aulas de la Facultad de Geografía e Historia este mapa en relieve de Galicia es, de los cinco citados, el que guarda más relación con Salvador Parga Pondal. Su fecha de realización es anterior a 1953 y se hizo con destino al seminario de la cátedra de Geografía de la que, a la sazón, era Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Santiago. Salvador Parga, que era doctor en Ciencias Históricas, impartía docencia en este centro, donde enseñaba Geografía entre otras materias. El hermano de Isidro

fue el encargado de pintar personalmente este mapa, marcando numerosos detalles de tipo geográfico.

Fraguas, en su artículo "Un mapa en relieve de Galicia" (1956), describe con detalle este mapa, si bien parte de lo que en él narra se observa con dificultad en la actualidad. Según este autor, las provincias aparecen divididas por una línea de puntos. Las cadenas montañosas de mayores altitudes, situadas en la zona oriental de Galicia, están pintadas en tonos oscuros, señalándose mediante números las cotas más altas. La coloración permite una buena apreciación de las cuencas hidrográficas, con la multitud de ríos y sus afluentes que recorren Galicia, destacándose también las lagunas del interior. De la misma forma aparecen representadas lagunas costeras, tanto las de mayores dimensiones y de aguas permanentes, como diversas charcas temporales. Todos estos cursos y masas de agua aparecen pintados en el azul correspondiente.

En color rojo figuran los núcleos urbanos. Según Fraguas (*op. cit.*), en las poblaciones de gran tamaño aparece dibujado, en lo que permite la escala, el plano de calles, los puertos con muelles, dársenas y diques de las poblaciones costeras. El mapa también recoge las vías de comunicación (carreteras y ferrocarriles) tanto construidos como en proyecto en la fecha de realización de este mapa, con líneas de diferente amplitud según la

La coloración permite una buena apreciación de las cuencas hidrográficas, con la multitud de ríos y sus afluentes que recorren Galicia

importancia de la vía, así como los campos de aviación. Por lo accidentado de la costa gallega, Salvador también representa los faros, presentes en los salientes costeros, mediante un punto rojo rodeado de unas líneas que salen del mismo, simbolizando la luz que desprenden.

El mar aparece pintado de una azul monocromático, en el que no están representadas las profundidades. En la esquina inferior izquierda de este mapa aparece pintada sobre el mar una curiosa figura que representa la firma de los autores de la obra, los hermanos Isidro y Salvador Parga Pondal.

El mapa del IES Salvador de Madariaga

El Instituto de Enseñanza Media de A Coruña, creado en el año 1862, poseía un importante patrimonio de material científico, necesario para la enseñanza práctica en las cátedras de Historia Natural y de Física y Química (Bugallo, 2002). Pasado el tiempo, y como consecuencia de los planes educativos del franquismo, los Institutos de Enseñanza Media de las principales ciudades españolas fueron divididos en dos, que separaban a los alumnos por sexo. De esta forma, en A Coruña, el Instituto Femenino se ubicó en un edificio ya existente, que en la actualidad alberga el IES Eusebio da Guarda, mientras que los alumnos pasaron a ocupar un edificio de nueva construcción, inaugurado en 1947, y que a día de hoy es el emplazamiento del IES Salvador de Madariaga.

Al producirse la creación de los dos nuevos institutos, la mayor parte del importante patrimonio científico que atesoraba el instituto original pasó al Instituto Masculino, donde continuó el acopio de material educativo práctico. Entre este patrimonio el IES Salvador de Madariaga cuenta en la actualidad con uno de los mapas elaborado por los hermanos Parga Pondal. El origen de este mapa seguramente lo podemos encontrar en la amistad de Isidro Parga Pondal con Eugenio Torre Enciso, catedrático de Ciencias Naturales del IES Eusebio da Guarda desde 1940, y más tarde asiduo colaborador de Parga en el Laboratorio Geológico de Lage, debido a los



Figura 2. Mapa de la Facultad de Geografía e Historia de la USC.



Figura 3. Mapa del IES Salvador de Madariaga, A Coruña.



Figura 4. Mapa del Museo de Historia Natural de la Universidad de Santiago de Compostela.

conocimientos geomorfológicos del territorio gallego que poseía el catedrático (Gurriarán, 2004). Si bien Torre Enciso fue profesor del IES Eusebio da Guarda, al pasar la mayor parte del material didáctico al Instituto Masculino, el mapa debió correr la misma suerte, lo que explica que en la actualidad se encuentre en el IES Salvador de Madariaga.

La fecha de realización de este mapa se sitúa entre 1940 y 1953, ya que en este último año el mapa matriz ya había sido fabricado (Sos Baynat, 1953). Esta obra permaneció sin pintar durante más de 50 años, periodo en el que mostró el color de la escayola que le da forma. Después del año 2004, Antonio Piñero Hortas lo coloreó siguiendo el modelo del mapa del Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Santiago de Compostela, sin incluir leyenda ni escala en el mapa. Sin embargo, en su esquina inferior izquierda aparece una etiqueta blanca, superpuesta, que informa de las escalas horizontal y vertical del mapa e indica que el Dr. D. Isidro Parga Pondal fue el autor del mapa en relieve y que ha sido pintado a mano por Piñero Hortas.

El mapa del Museo de Historia Natural Luis Iglesias de la Universidad de Santiago de Compostela

De los cinco mapas existentes, este es el segundo que representa la geología de Galicia, si bien de una forma más sencilla que el mapa petrográfico estructural ya comentado (*ver figura 1*), simplicidad debida a que su fecha de realización es casi 10 años anterior a la del que publicaría el IGME. Fue hecho como consecuencia de la amistad que Isidro Parga Pondal tenía con Antonio Fernández López, empresario lugués que colaboró con Isidro en la empresa de explotación de caolín en Laxe (Vidal, 2009).

Fernández López fundó en el año 1950 el Colexio Fingoi en Lugo, centro innovador que pretendía una enseñanza centrada en las ciencias naturales. Ligado a este centro se fundó el Centro de Estudios Fingoi, donde se encontraba el Laboratorio de Petrografía y Edafología, que era dirigido por Isidro Parga. El mapa en relieve del que tratamos en este apartado llegó al Colexio Fingoi probablemente en 1955, estando sin pintar hasta el año siguiente, tarea que realizó el profesor de dibujo del centro, Ánxel Xohán González, que representó con diversos colores la geología de Galicia conocida hasta la fecha, siguiendo las indicaciones de Isidro (Bugallo, 2003). Una vez pintada, seguramente esta obra fue utilizada con finalidad didáctica en el colegio.

Tras permanecer durante un tiempo guardado en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Santiago en Lugo, en el año 1998 el mapa fue donado al Museo Luis Iglesias por la familia Fernández Puentes. El paso del tiempo había deteriorado la obra y no permitía su exposición en adecuadas condiciones, por lo que fue

necesario someterlo a un proceso de restauración, trabajo llevado a cabo por Pablo Caballo Villar y Ramón Rodríguez Losada. En el proceso de restauración se añadió una leyenda explicativa de los tipos de rocas que aparecen representados (información tomada del Mapa Petrográfico Estructural de Parga de 1963) y la escala gráfica y numérica. En la actualidad, esta obra se encuentra expuesta en la Sala de Geología del Museo de Historia Natural de la USC, donde continúa cumpliendo su papel educativo.

El mapa del Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia

Francisco Bellot Rodríguez, catedrático de Botánica de la Facultad de Farmacia de Santiago de Compostela entre 1944 y 1964, solicita a Isidro Parga Pondal, en una fecha anterior a 1953, uno de sus mapas en relieve a escala 1:100.000, con el objetivo de señalar la geobotánica de Galicia, de cuyos estudios Bellot era iniciador. Su petición fue aceptada y, en 1959, los hermanos Parga Pondal dirigieron la realización del mapa base en relieve, resultando una obra que guarda semejanzas con el mapa de la Facultad de Geografía e Historia. El mapa fue restaurado en el año 1979 por José Caballo Rodríguez, que realizó una mejora en el pintado, que el paso del tiempo había estropeado. En esta restauración se añadieron las curvas de profundidad de los mares que bañan la costa gallega y un escudo de Galicia en la esquina superior izquierda. Tras este proceso la obra muestra con gran claridad características similares a la primera de las réplicas realizadas, como el hecho de que los centros urbanos y las vías de comunicación aparecen resaltados en color rojo. La restauración realizada también permite apreciar con claridad el curso de los ríos y sus afluentes, así como la localización de masas de agua del interior. Al contrario que en el mapa de la Facultad de Geografía e Historia, en este no están señaladas con números las montañas más altas.

En la actualidad, el mapa presenta una leyenda, que no estaba en el original, en la parte inferior izquierda, y que recoge el significado de los colores del mapa, en la que cada tonalidad hace referencia a un intervalo de altitudes, con



Figura 5. Mapa del Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia.

un máximo de 2.000 m. La profundidad del mar aparece marcada con una escala de distintos azules, correspondiendo el más oscuro a un valor de 2.000 m de fondo, que aparece en las zonas más alejadas de la costa gallega. A la derecha de esta leyenda aparecen la escala gráfica y la numérica. También se incluyen los nombres de los autores del mapa, el nombre del restaurador y su fecha de realización y de restauración, así como las siglas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, entidad a la que pertenece el Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia, centro en el que puede verse este mapa hoy en día.

Conclusión

A través de estos cinco mapas podemos observar el interés de los hermanos Isidro y Salvador Parga Pondal por dar a conocer la geología y la geografía de Galicia. Con estas obras, llamativas en su presentación, laboriosas en su realización y efectivas en su papel didáctico, contribuyeron, a través de su destino en diferentes centros educativos o de investigación, a incrementar el interés por el estudio de los caracteres geomorfológicos de Galicia, a la vez que sirvieron de base para nuevas e importantes investigaciones acerca del subsuelo gallego.

Bibliografía

- Bugallo, A. (2002). *Las colecciones gallegas de historia natural*. Galicia: Naturaleza. Hércules de Ediciones, 36, 71-107.
- Bugallo, A. (2003). *O Museo de Historia Natural da Universidade de Santiago*. Serv. de Publicacións da USC, 365 pp.
- Fraguas, A. (1956). "Un Mapa en relieve de Galicia". *Estudios geográficos*, 62, 85-87.
- Gurriarán, R. (2004). *A Investigación científica en Galicia (1900-1940): institucións, redes formativas e carreiras académicas: a ruptura da Guerra Civil*. Director: Lourenzo Fernández Prieto. Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Historia Contemporánea y de América. Servizo de Publicacións e intercambio científico, 571 pp.
- Sos, V. (1953). "El mapa geológico en relieve de Galicia del Dr. Parga Pondal". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 51, 153-156.
- Sos, V. (1953). "Noticia sobre un laboratorio de Geología de Galicia". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 51, 147-152.
- Vidal, J. R. (2009). "El Laboratorio Geológico de Lage". *Tierra y Tecnología*, 35, 73-80. ICOG, Madrid.

El Colegio de Geólogos en la web 2.0

TEXTO Y FOTOGRAFÍAS | Enrique Pampliega Higuera. Community Manager - Colegio Oficial de Geólogos

Hace meses, el editor de la revista me pidió un breve artículo sobre redes sociales, pero se ha dicho tanto sobre el tema y es tan cambiante, que lo escrito hoy, al ser publicado en unos meses, no sólo no aportaría nada nuevo sino que estaría anticuado cuando llegara a sus manos.

Si algo caracteriza las redes sociales y toda la tecnología que llevan asociadas es la velocidad, el continuo cambio y la capacidad de unirnos a todo y a todos. Convinimos pues el editor y yo en la necesidad de comentar, en 1.200 palabras, no las redes sociales *on line* en general, sino el paso del Colegio de Geólogos a las mismas en el último lustro, tema este menos cambiante y con el que se pretende que el lector —si aún ha llegado hasta esta línea— a la par, que repasa palabras como Facebook, Twitter o YouTube, tenga una idea aproximada de la labor de divulgación que, apoyada en el mundo 2.0, hace el Colegio de la Geología y sus profesionales. Sin más dilación, y encorsetado en un medio que no permite hacer ningún vínculo —prometo, si estas letras ven la luz, subir el escrito a la red y hacer los enlaces correspondientes— comenzaré este breve relato, con un estilo que sin duda no es muy ortodoxo pero es el lenguaje coloquial en lo que también se llama Web Social; como dice un buen amigo: “A ello, Tello”.

Tim O'Reilly acuñó en 2004 el término 2.0 para definir una nueva web que se caracterizaba como tal por su forma de distribuir contenidos, una comunicación abierta, descentralización de la autoridad —entendida como competencia—, libertad de compartir y usar, dentro de un enfoque que trata las relaciones humanas y económicas como conversaciones. Algo que ya se comentaba, 5 años antes, en el Manifiesto Cluetrain.



Este nuevo espacio crea nuevas formas de organización y relación que aparecen de forma espontánea y no jerarquizada. Un entorno, en definitiva, completamente nuevo en la historia de la comunicación cuyas características básicas, comparadas con la etapa anterior o 1.0 son las citadas en la tabla adjunta.

En 2007, el Colegio asume el cambio e implementa en su estrategia de diálogo corporativo la aproximación a la web 2.0 con cuatro blogs. Dos años más tarde, el blog, paradigma de la web 2.0, comienza a dejar paso a las redes sociales como lugar de encuentro e interacción. En la actualidad, de los cuatro primeros blogs que tuvo el ICOG sólo están activos dos: “Riesgos Naturales” y “Aguas subterráneas”.

El año 2008, el Colegio abre su canal de vídeo en YouTube con la intención de dar cuenta a sus colegiados y la sociedad de los actos que se realizan en Madrid y que son de interés general. Debido a la limitación de tiempo impuesta por YouTube, se invitaba a todos los que llegan al canal a visitar el vídeo completo que, en los primeros años, se alojaba en los servidores del Colegio y luego en plataformas como Bliptv. Hoy, con más de 30 vídeos, este canal se ha reproducido en cerca de 6.000 ocasiones y la suma de las reproducciones de esos 30 vídeos alcanza la nada despreciable cantidad de 48.000.

El año siguiente, 2009, sería el año en que el Colegio, apoyado en las tecnologías que van surgiendo alrededor de la web 2.0 entra decididamente en Issu (distribución de publicaciones *on line*), Delicious (compartir enlaces) y SlideShare (presentaciones). La finalidad continúa siendo la misma que nos llevó a crear los primeros blogs allá por 2007: hacer todo lo que esté en nuestras manos para la divulgación de la Geología y sus profesionales, así como dialogar con el colegiado

y el ciudadano. En esta línea, y también en este mismo año, el Colegio abrió sus espacios en Facebook y Twitter; espacios que cuentan hoy con 1.500 seguidores, el primero, y 1.160, el segundo.

El año 2010, el Colegio creó, apoyado en la plataforma de Geólogos-e, un nuevo blog corporativo dedicado a geólogos emprendedores, empresarios y pymes, así como su grupo en la red profesional LinkedIn que, en la actualidad, cuenta con 318 miembros.

Sería largo de exponer las innumerables estadísticas de acceso, comentarios y distribución que en estos años se ha hecho de la información que el Colegio ha subido a los distintos espacios 2.0. A vuelo de pluma nombraré los 1.600 *tweets* del canal de comunicación más dinámico este año, Twitter, las más de 45.000 visualizaciones de presentaciones en SlideShare o las 50.000 de Issu pero, con todo, no considero que el objetivo del Colegio esté cumplido, sino que aún hay que trabajar más para conseguir una mayor y mejor comunicación con el colegiado y seguir haciendo el sano y necesario ejercicio de divulgación de la Geología y sus profesionales.

El futuro del diálogo corporativo del Colegio pasa, sin duda, por seguir trabajando en este modelo abierto y libre de comunicación que permite, con mínimos recursos económicos y humanos, una comunicación fluida en un momento en el que la situación económica general es muy compleja y precisa de optimizar los recursos al máximo.

Cuando este breve artículo llegue a sus manos, querido lector, posiblemente ya se habrá publicado información del Seminario que, bajo el nombre de Web Social o Comunicación 2.0, está previsto que se imparta el próximo otoño en el Colegio y al que espero puedas asistir. Allí se comentarán las últimas tendencias, técnicas y habilidades necesarias para que tú, seas empresario, profesional libre o te encuentres en búsqueda activa de empleo utilices la comunicación 2.0 como eficaz apoyo para alcanzar tus fines (clientes, empleo, ampliar tu red de contactos, etcétera).

Por último, estos cinco años han sido de un aprendizaje constante de un mundo, el 2.0, donde la innovación es la característica dominante y el ritmo de cambio, diario. Lo conseguido hasta la fecha, con sus luces y sombras, no se habría podido alcanzar sin el decidido apoyo de los miembros de la Junta de Gobierno, los consejos, críticas y comentarios de colegiados y usuarios, así como el esfuerzo y saber hacer de los compañeros de hoy y de los que estuvieron ayer prestando sus servicios profesionales en este Colegio. A todos ellos y a ti, querido lector, por haber llegado al final, un fuerte abrazo.

Web 1.0	Web 2.0
Web editadas por un experto (webmaster)	Muy fácil de editar
Contenidos permanentes	Se actualiza con mucha frecuencia
Coste de mantenimiento	El coste es cero o marginal
Se estructura en áreas visuales	Se estructura por orden cronológico inverso
Participación muy limitada o inexistente	Permite la participación
Privilegia el aspecto visual, el diseño	Privilegia el contenido
Permanece relativamente estable	Nos sorprende cada día

Acto de entrega del I Premio internacional Alfonso XII a la excelencia en el mundo subterráneo

La Consejería de Cultura, Turismo y Deportes del Gobierno de Cantabria recibió el Premio Alfonso XII por su labor a favor del mundo subterráneo

El pasado 9 de mayo tuvo lugar, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, la entrega del I Premio internacional Alfonso XII a la excelencia en el mundo subterráneo. Este premio trata de resaltar la labor realizada en proyectos de investigación, conservación y puesta en valor del medio subterráneo.

El geólogo, Juan José Durán Valsero, presidente de la Asociación de Cuevas Turísticas Españolas (ACTE) entregó a la Consejería de Cultura, Turismo y Deportes del Gobierno de Cantabria el I Premio Alfonso XII a la excelencia en el mundo subterráneo, durante un acto solemne que se celebró en la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid. Allí se dieron cita los representantes de las Cuevas Turísticas Españolas, de la Internacional Show Caves Association (ISCA) y de otras instituciones, y asistieron el secretario general de Turismo y Comercio Interior Joan Mesquida, además de diversas personalidades de la cultura, la ciencia, el deporte y el turismo. Entre ellas, destaca el director del Museo de Altamira, José Antonio Lasheras, el arquitecto José María Pérez Peridis, y el vicepresidente primero del Colegio de Geólogos, José Luis Barrera.

Las candidaturas presentadas fueron: Parque Minero de Almadén, Ciudad Real, España;

Víctor Ferrer Rico, España; Dr. Juan Antonio Montañó Hiroshé (Foro de Iztaxochitla), México; Fundación Explora, Caracas, Venezuela; Gobierno de Cantabria, España; Grupo de Espeleología de Villacarrillo (GEV), Jaén, España.

El jurado, compuesto por personas relacionadas con el mundo subterráneo, en sus vertientes del turismo, la investigación, el patrimonio, la cultura, el deporte y los medios de comunicación, decidió por unanimidad conceder el premio a la candidatura de Cantabria considerando especialmente el trabajo realizado para la preservación, rehabilitación y recuperación, del patrimonio cultural y natural que ha llevado en el año 2008 a la Declaración de Patrimonio Mundial por la UNESCO, de las cuevas de la cornisa Cantábrica con arte rupestre. Además de la importante tarea desarrollada en Cantabria en el campo de la investigación, así como las actuaciones de puesta en valor y difusión de los recursos, con actuaciones



ACTE
ASOCIACIÓN DE CUEVAS
TURÍSTICAS ESPAÑOLAS
www.cuevasturisticas.es



Asociación de Cuevas Turísticas de España

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. Muchas de ellas declaradas Monumentos Naturales y otras muchas declaradas Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

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; asimismo, realiza tareas de asesoramiento para 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.



Aspecto de la sala.



Los premiados junto al secretario de Estado, Joan Mesquida (3º por la derecha), y a Juan José Durán (1º por la derecha).

tan importantes como la cueva de El Soplao. Otro factor considerado ha sido la visión como proyecto estratégico en Cantabria del turismo subterráneo, una apuesta decidida e innovadora en su promoción turística, lo que ha llevado a la unión entre la imagen de Cantabria y el mundo subterráneo.

Esta primera edición del Premio Alfonso XII ha contado con la participación de candidaturas de España, Venezuela y México, respaldadas por méritos y actuaciones diversas e importantes, como la puesta en valor del patrimonio subterráneo, tareas de investigación, exploración y difusión, así como la aplicación de las nuevas tecnologías de comunicación al mundo subterráneo.

El premio consiste en un diploma acreditativo y una original escultura de bronce, especialmente diseñada para el premio por el escultor Claudi Pastor Lamote de Grignon. El premio fue recogido por el director de la Sociedad El Soplao, Fermín Unzué, junto con el jefe de la Sección de Arqueología de la Consejería de Cultura, Turismo y Deporte de Cantabria, Roberto Ontañón, y la responsable de Promoción El Soplao, Maite Castanedo. Al acto no acudió el consejero de Cultura, Turismo y Deportes de Cantabria, Javier López Marcano, en respeto al luto oficial decretado en Cantabria por la muerte de Severiano Ballesteros. El director de El Soplao, Fermín Unzué, recordó, por su parte, la figura del rey Alfonso XII y "el apoyo que el monarca prestó al descubridor de Altamira, Marcelino Sanz de Sautuola,

y a las investigaciones arqueológicas de la región". También subrayó el "cambio radical" experimentado en la estrategia turística de Cantabria desde que en 2003 el consejero López Marcano "comenzó a trabajar por convertir el patrimonio subterráneo en un producto estratégico de nuestro turismo", convirtiendo las cuevas de Cantabria en "bandera de la promoción turística de la región".

En la intervención de clausura, el secretario general de Turismo destacó el "carácter pionero" de Cantabria en la promoción del patrimonio subterráneo y dijo que la comunidad "es un ejemplo paradigmático en el aprovechamiento turístico" de sus cuevas. Mesquida resaltó también el "equilibrio" que la conserjería ha mantenido entre el uso turístico de las cuevas y su conservación.



Los premiados en la reproducción de la mina que hay en la Escuela de Minas.

Geólogos sénior del ICOG crean una plataforma para trabajar por la Geología: GEOTEN



Los geólogos jubilados del ICOG han creado una Plataforma como órgano consultivo del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España, con el objetivo de mejorar la inserción de la Geología y de la actividad profesional geológica en la sociedad.

El ICOG, a través de la Plataforma Geólogos Emprendedores convocó a los geólogos que ya no están en activo profesionalmente. El jueves 25 de marzo tuvo lugar, en la sede central del Colegio la Geólogos, en Madrid, la primera reunión, a la que acudieron catorce geólogos sénior.

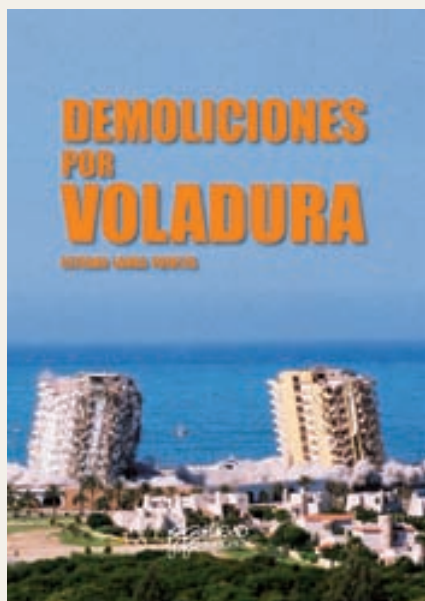
Después de varias reuniones, el 11 de mayo se procedió a la firma del Acta Fundacional de GEOTEN que, mediante el análisis de la inserción actual y a futuro de la Geología y de los geólogos en la sociedad y la utilización del blog GEOTEN, ubicado en la web del ICOG y grupos específicos de trabajo, tratará de:

- Divulgar la Geología como ciencia, ciencia aplicada e ingeniería.
- Participar en congresos, reuniones, jornadas, foros en los que se traten aspectos relacionados directa o indirectamente con la Geología
- Colaborar en las actividades institucionales y profesionales necesarias ante las propuestas de las administraciones relacionadas con las ciencias de la Tierra y con los organismos públicos que las utilizan y gestionan.
- Estar presentes, a través de los medios de comunicación, en temas y debates de interés social en los que la Geología tenga algo que aportar.
- Prestar asesoramiento profesional, técnico y económico-financiero a profesionales y empresas relacionados con la Geología.
- Promover y realizar actividades de formación y capacitación empresarial y profesional.
- Colaborar en actividades y proyectos de cooperación para el desarrollo internacional a través de las plataformas vinculadas al ICOG.
- Fomentar los estudios sobre materias que interesen al colectivo de geólogos.
- Crear y gestionar otros servicios de interés para la profesión de geólogos y los profesionales colegiados.

Según el Acta fundacional, podrán pertenecer a GEOTEN aquellos geólogos colegiados jubilados y aquellos geólogos colegiados que acrediten experiencia suficiente.

Los firmantes del acta fundacional son:

- Por parte del ICOG:
 - Luis Suárez Ordóñez, presidente del ICOG, y Manuel Tena Dávila, de E Geólogos y vocal del ICOG.
- Y los siguientes geólogos jubilados:
 - José Abril Hurtado.
 - Ángel Carbayo Olivares.
 - Vicente Gabaldón López.
 - Emilio La Moneda González.
 - José Manuel Martín-Vivaldi Martínez.
 - Salvador Mirete Mayo.
 - José Manuel Portero García.
 - Manuel Francisco Sánchez Jiménez.



Título: Demoliciones por voladura
 Autor: Esteban Langa Fuentes
 Tamaño: 18 x 24,5 cm
 Páginas: 362
 Precio: 50 €

Demoliciones por voladura

Manual de *Demoliciones por voladura* es el nuevo libro de la editorial técnica española Fueyo Editores, que ha sido escrito por el ingeniero de minas Esteban Langa Fuentes. El libro trata de servir de ayuda, provocando alguna reflexión en aquellos profesionales que puedan tener contacto con esta actividad. En él se ha tratado de pasar revista a una serie de aspectos muy importantes que tienen que ver con este trabajo y en los que normalmente no se incide.

Se trata desde los aspectos y dificultades legales para obtener una autorización de uso de explosivos y la preparación de las estructuras para su demolición por voladura, hasta el índice recomendado para un proyecto de este tipo, pasando por las recomendaciones para el diseño de cargas y esquemas.

Este manual práctico está dirigido a todos aquellos que con una cierta iniciación sobre la técnica de aplicación de explosivos deseen ampliar sus conocimientos en el uso de éstos en demoliciones. En ningún momento se pretende en él introducir fórmulas con dudosos coeficientes, que son muy celebradas habitualmente por los que pretenden iniciarse en esta actividad, y que suelen servir como coartadas para aquellos que las utilizan sin mayor precaución, y con las que se pueden justificar a veces desastrosos resultados.

Para sus pedidos visite el sitio: www.fueyoeditores.com



Título: Los volcanes
 Autor: Joan Martí Molist
 Tamaño: 13,5 x 21 cm
 Páginas: 144
 Precio: 12 €

Los volcanes

Los volcanes son una de las manifestaciones geológicas más atrayentes de nuestro planeta y representan, junto a los terremotos, una forma espectacular de liberación de su energía interior. La fascinación que ejercen sobre nosotros se debe a la majestuosidad de algunos de ellos, a lo enigmático de su funcionamiento y al elevado poder destructivo que muestran a través de una gran variedad de erupciones, muchas de las cuales pueden tener consecuencias globales. Este libro explica los principales aspectos que controlan su origen, su dinámica eruptiva y el riesgo que representan para la sociedad y el medio ambiente, y busca despertar el interés del lector sobre los complejos procesos geológicos que conlleva la existencia de volcanes en nuestro planeta.

Para sus pedidos visite el sitio: <http://www.catarata.org/>

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 600 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 600 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 y **bibliografía**.

- 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.

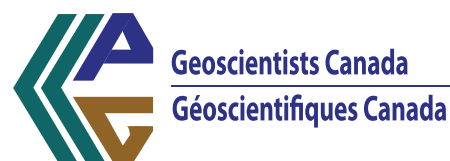
Envío

Los manuscritos se remitirán por correo en un CD con una copia en papel, tanto del texto como de las ilustraciones, a la redacción de la revista *Tierra & Tecnología*, Colegio Oficial de Geólogos: C/ Raquel Meller, 7, 28027 Madrid.
Tel.: + 34 915 532 403

Separatas y originales

Los autores recibirán un PDF y varios ejemplares de la revista completa. Se devolverán los materiales originales.





4^a Conferencia Internacional de Geología Profesional

CIENCIAS DE LA TIERRA: LA PRÁCTICA PROFESIONAL MUNDIAL

22-24 de enero, 2012
Vancouver, Columbia-Británica, Canadá

La Conferencia Internacional de la Geología Profesional tiene lugar cada cuatro años en diferentes países de todo el mundo. ¡En 2012 le toca el turno a Canadá!

Geocientíficos de Canadá será la organización anfitriona de la 4^a Conferencia Internacional de la Geología Profesional (4CIGP) que se celebrará en Vancouver del 22 al 24 de enero de 2012. Por convenio especial con la Asociación para la Exploración Minera de la Columbia-Británica (AMEBC), la 4CIGP coincidirá con el Encuentro sobre Exploración Minera 2012 (*Mineral Exploration Roundup 2012*).

Las anteriores conferencias IGP se celebraron en Alicante (España) en el 2000, Londres (Inglaterra) en 2004 y Flagstaff (Arizona, EE UU) en 2008.

El lema de la conferencia, "Ciencias de la Tierra: la práctica profesional mundial", busca complementar el trabajo de los profesionales de las

ciencias de la Tierra que ejercen la profesión en todo el mundo y se asocia al encuentro de los profesionales de la exploración minera. La 4CIGP continúa la tradición de ofrecer una amplia cobertura en temas relacionados con la profesión y los desafíos de la práctica profesional que afectan a los especialistas en las ciencias de la Tierra en todo el mundo.

La 4CIGP cubrirá un amplio programa de dos días y medio. Por convenio con la AMEBC, aquellos que se registren para la 4CIGP podrán también asistir a las sesiones del encuentro y viceversa.

Si usted o su empresa desea proponer una sesión técnica, o convertirse en patrocinador del evento, contacte por favor con Geocientíficos de Canadá en el 604-412-4888 o por correo electrónico al 4ipgc@ccpg.ca

Co-conveners



**MARQUE LA FECHA EN SU CALENDARIO Y ESTÉ ATENTO
A LA PRÓXIMA INFORMACION O VISITE LA PAGINA
WWW.4IPGC.CA**

¿Asentamientos? ¿Grietas en las paredes? **URETEK® ES LA SOLUCIÓN**

LEVANTAMIENTO

VENTAJAS

- No invasivo: sin excavaciones ni obras de albañilería
- Económico
- Rápido
- No ensucia y no produce residuos
- Garantizado durante 10 años

URETEK®
DEEP INJECTIONS

Método protegido por patente europea, para la consolidación del terreno con inyecciones de resina expansiva Uretek Geoplus® aplicable a todo tipo de estructura:

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| ■ Edificios históricos | ■ Torres |
| ■ Naves industriales | ■ Iglesias |
| ■ Viviendas | ■ Muros de contención |
| ■ Piscinas | |

Apto para todo tipo de suelos, tanto granulares como cohesivos y cualquier tipología de cimentación: zapatas aisladas, zapatas corridas y losas de cimentación construidas con cualquier material.

Visitas y presupuestos gratuitos en toda España*



URETEK
Soluciones
Innovadoras S.L.U.

Llamada Gratuita
900 80 99 33

www.uretek.es

*Para presupuestos en Baleares y Canarias consultar condiciones

Próximos cursos de interés para Geólogos

Octubre / Noviembre 2011

Programa Superior en Ingeniería de Servicios del Agua.

Gestión de la operación y el mantenimiento
en el ciclo integral del agua urbana.



Fecha de inicio: 15 de noviembre de 2011

Duración: 250 horas online

Promotor:



Con la Dirección de:



DEPARTAMENTO DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO,
URBANISMO Y MEDIO AMBIENTE
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Máster Jefe de Obra Civil



Titulación propia:
Universidad Politécnica de Cataluña



Fecha de inicio: 25 de octubre de 2011

Duración: 250 horas online

Promotor:



Programa superior en Ahorro y Eficiencia Energética



Fecha de inicio: 15 de noviembre de 2011

Duración: 250 horas online

Promotor:



Colaboradores:



International Building Performance Simulation Association

Máster en Descontaminación Ambiental. Suelos, Aguas, Atmósfera



100%
BONIFICABLE

Titulación propia:
Universidad Internacional de La Rioja



Fecha de inicio: 23 de noviembre de 2011

Duración: 600 horas online

Promotores:



Máster en Ingeniería Ambiental



100%
BONIFICABLE

Titulación propia:
Universidad Internacional de La Rioja



Fecha de inicio: 23 de noviembre de 2011

Duración: 600 horas online

Promotores:



CURSOS BONIFICABLES

Structuralia realizará sin coste adicional la gestión de la bonificación de estos cursos a las empresas que lo soliciten

www.structuralia.com Cubrimos tus necesidades de formación continua

Otros cursos de interés

NUEVO

Curso de Introducción a la Ingeniería Geotécnica

Inicio: 4 de octubre de 2011
Duración: 60 horas online

Promotores:



Curso de Inspección y mantenimiento de puentes y obras de fábrica

Inicio: 20 de octubre de 2011
Duración: 40 horas online

Promotor:



Colabora:



PROES

Curso de Tratamientos de mejora del terreno: diseño, ejecución y control

Inicio: 24 de octubre de 2011
Duración: 40 horas online

Promotor:



Curso de Excavaciones, voladuras y movimiento de tierras

Inicio: 25 de octubre de 2011
Duración: 40 horas online

Promotor:



Curso de Ejecución de túneles

Inicio: 15 de noviembre de 2011
Duración: 40 horas online

Promotores:



CURSOS BONIFICABLES

Structuralia realizará sin coste adicional la gestión de la bonificación de estos cursos a las empresas que lo soliciten

Matrícúlate o solicita más información en:

☎ 91 490 42 20 • cursos@structuralia.com • www.structuralia.com