



Ilustre Colegio
Oficial
de Geólogos

Tierra y Tecnología

REVISTA DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA • Nº 36 • SEGUNDO SEMESTRE DE 2009



Se han quedado colgados unos inmensos ojos
de entre las ruinas de herrumbre descarnada,
y en sus retinas se ha visto el fondo de la Tierra,
el latir de un lamento de estruendoso

silencio.

La polvareda seca se ha posado en labios y
cabellos, como lluvia de cal, desolada niebla
que fija la borrosa visión

de la pobreza.

Nada parece tan inerte como la vida
en las cunetas, como los cuerpos esperando
cara al cielo que el manto del horror
tape el grito universal

del desamparo.

Hoy ya no quedan manos alejadas,
ni miradas ajenas, ni distancia.
Entre temblores -y aún dormida-
se alza la pálida conciencia,
¿tal vez por unos días, quizá

por unas horas?

Mañana levantará la bruma
y será más difícil

la palabra.



Come for business, stay for pleasure
Come for business, stay for pleasure

www.exehotels.com

●●● **Ventajas para los colegiados del Colegio de Geólogos:**

- 1 • Detalle de Bienvenida a la llegada del hotel (cesta de frutas, botella de agua o bombones)
- 2 • No hay suplemento en el alojamiento para el acompañante.
- 3 • Pueden entrar en el hotel con una antelación de dos horas y salir cuatro horas más tarde.





Tierra y Tecnología

REVISTA DE INFORMACIÓN
GEOLÓGICA
Nº 36 • SEGUNDO SEMESTRE DE 2009

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 Y PRODUCCIONES 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

COMPONENTE VERTICAL DEL SISMOGRAMA
CORRESPONDIENTE AL TERREMOTO DE HAITÍ DEL 12 DE
ENERO DE 2010, DE MAGNITUD Mw 7.1, REGISTRADO EN
LA ESTACIÓN SÍSMICA DE VALVERDE EN LA ISLA DE
HIERRO, SITUADA EN 27º,72 N 17º,96 W Y ALTITUD
170 M, Y QUE CORRESPONDE A LA PRIMERA ONDA DEL
TERREMOTO EN ESPAÑA, A LOS 10 MINUTOS DE LA HORA
ORIGEN (CORTESÍA DEL IGN).
POEMA: ALMUDENA GARCÍA-OREA.

Sumario

- 2 • EDITORIAL
- 3 • CENA-COLOQUIO DE NAVIDAD CON EL MINISTRO DE FOMENTO, JOSÉ BLANCO
- 16 • EXPEDICIÓN GROENLANDIA 2009 (I). SU GEOLOGÍA
- 29 • I CURSO DE ESPECIALISTA EN GEOTERMIA SOMERA APLICADA A LA EDIFICACIÓN
- 31 • LAS MESAS DE PIEDRAS DURAS DEL MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES
- 37 • ¡LÁNCESE AL CAMPO! PLANTAS SILVESTRES COMESTIBLES
- 45 • EL PAPEL DE LOS GEÓLOGOS EN EL DESARROLLO ECONÓMICO DEL TERCER MUNDO A TRAVÉS DE PROYECTOS FINANCIADOS POR EL BANCO MUNDIAL
- 55 • 'AQUÍ LA CIENCIA', EL ESPACIO PARA LEER Y DESCUBRIR LA CIENCIA, ABRE SUS PUERTAS EN MADRID
- 57 • EL GEÓLOGO ESPAÑOL JESÚS MARTÍNEZ FRÍAS, ELEGIDO MIEMBRO DE LA UNIÓN ASTRONÓMICA INTERNACIONAL
- 59 • 'A FLOR DE PIEL, A FLOR DE ALMA'
- 63 • EL FUTURO ENERGÉTICO
- 65 • LA MINERÍA Y EL PATRIMONIO MINERO EN GALICIA
- 77 • CELEBRACIÓN DEL VII CONGRESO IBÉRICO Y X CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA
- 81 • XV PREMIO 'SAN VIATOR'
- 83 • NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PERFORACIÓN DEL TERRENO
- 85 • TÚNEL DEL AVE SANTS-SAGRERA BAJO EL TEMPLO DE LA SAGRADA FAMILIA DE BARCELONA
- 92 • RECENSIONES

Editorial ¡Siempre lo mismo!

Terremoto, muerte, destrucción, un escenario dantesco y caótico y algunas voces reprochando la falta de previsión. ¡Siempre lo mismo!

Resulta sarcástico que después del catastrófico terremoto de Haití se oigan deseos de que la vuelta a la normalidad se haga lo más rápidamente posible; pero... ¿a qué normalidad se refieren?

¿Es que era normal la situación en que vivían los haitianos antes del desastre? Un país que tiene una historia reciente tan convulsa y que la única esperanza de su existencia es el vodú, no es, precisamente, un país muy normal. Es sabido que, en paralelo a toda creencia religiosa, el pueblo haitiano es practicante casi en su mayoría del vodú, una actitud sincretista que se realiza desde la época de los esclavos y que le sirve a la población como una herramienta para la existencia ante una realidad cotidiana adversa. Históricamente, sin organización política estable, sin recursos, con un nivel de escolarización bajo, sin trabajo, pocas cosas les quedan en que creer. Para colmo de desgracias, un terremoto de magnitud 7,1 arrasa la capital, Puerto Príncipe: 200.000 muertos y miles de heridos.

Ciertamente, nadie sabe todavía en qué momento se producirá un terremoto. Pero no es menos cierto que las zonas con más peligrosidad sísmica del planeta sí se conocen. Dónde y cuándo ocurriría el terremoto de Haití era difícil de predecir con exactitud, pero sí se sabía que la falla Enriquillo, la causante del seísmo, y que atraviesa de este a oeste todo Haití, estaba a punto de activarse. Sólo dependía de nosotros evitar que los daños materiales y pérdidas fueran elevados para que no se pudiera catalogar como catastrófico. Lo más lamentable es que varios geólogos —entre ellos un español— ya habían anunciado hace poco tiempo la peligrosidad que tenía la falla. Pero los países pobres no tienen medios para hacer una política preventiva, ni concienciar a la población, ni normas sismorresistentes, ni plan de emergencia, ni nada; ésa es la realidad. ¿Qué tipo de prevención se puede pensar que ha existido en Puerto Príncipe cuando hasta el palacio presidencial colapsó?

Cada vez que se produce un terremoto en los países más pobres hay dos catástrofes: una, la del impacto directo que provoca daños materiales y víctimas mortales; la segunda, a veces más catastrófica, es la imposibilidad de atender la emergencia. Miles de personas vagan por los lugares sin poder ser atendidas o evacuadas; no hay agua, ni electricidad, ni alimentos,

porque las infraestructuras han quedado destruidas. El servicio sanitario tampoco funciona porque los daños en los hospitales son grandes. Para colmo, las comunicaciones también fallan y la evacuación o la llegada de auxilios es hartamente difícil. ¡Y qué decir de la coordinación! Resumen, el número de víctimas aumenta.

En los países ricos, sin embargo, los gastos de prevención son cuantiosos. En las construcciones ubicadas en zonas sísmicas en estos países se aplican normas sismorresistentes en la cimentación; se refuerzan las estructuras ya existentes (en el refuerzo del Golden Gate de San Francisco se han gastado recientemente decenas de millones de euros); se conciencian a la población y, sobre todo, se protegen las infraestructuras básicas: hospitales, medios de comunicación, vías de evacuación, depósitos de agua, edificios gubernamentales, etc.

Es tiempo de recordar que ciertas medidas de prevención en los países pobres no son caras. Es mucho más caro ir a enterrar muertos y atender a los heridos que preparar un programa de prevención adecuado. Ello podría incluir la construcción de edificaciones de baja altura en zonas llanas (a ser posible sobre roca dura); realizar un inventario o inspección de los edificios estratégicos existentes, como hospitales, centrales de comunicación, depósitos de agua, etc., para determinar la necesidad de reforzarlos antes del próximo terremoto; realizar urbanismo de calles anchas para evitar que los edificios colapsados bloqueen las vías de evacuación; preparar una cartografía geológica de detalle con un mapa de zonificación sísmica del país y mapas de microzonificación sísmica de las ciudades más pobladas; establecer y mantener una red sísmica nacional moderna para el monitoreo de sismicidad a nivel nacional.

Haití, desgraciadamente, ha quedado en una situación tan lamentable que varias de esas medidas preventivas no se pueden llevar a cabo sin la ayuda exterior. Sólo la voluntad de las autoridades nombradas para la reconstrucción, junto con la ayuda humanitaria de otros países, hará posible el establecimiento de otra normalidad más humana que sustituya a la "normalidad" de la pobreza que existía hasta ahora y que se ha agravado con la catástrofe.

Las zonas sísmicas de mayor peligrosidad las conocemos, las prácticas preventivas también y, hasta me atrevería a decir que el deseo de muchos ciudadanos del mundo para evitar la catástrofe, también.

Cena-coloquio de Navidad con el ministro de Fomento, José Blanco

El 15 de diciembre se celebró la tradicional cena-coloquio de Navidad del ICOG, a la que asistió como invitado de honor el ministro de Fomento, José Blanco López. Al acto, celebrado en el restaurante La Hacienda del parque temático Faunia, asistieron más de 170 personas entre colegiados, familiares, invitados y medios de comunicación.

A pesar del intenso frío de la noche madrileña, los invitados a la cena de Navidad del ICOG fueron llegando puntualmente a las 20.00 horas, momento en el que pudieron disfrutar de un cóctel de bienvenida y charlar animadamente. A las 20.30 hizo su entrada el ministro de Fomento, D. José Blanco López (*figura 1*), que saludó uno a uno a todos los miembros de la Junta de Gobierno del Colegio y, posteriormente, departió con miembros del ICOG durante el cóctel de bienvenida (*figuras 2, 3 y 4*) antes de firmar en el Libro de Honor del Colegio (*figura 5*). También firmaron en el Libro de Honor sus dos altos cargos del ministerio, Víctor Morlán (*figura 6*) e Inmaculada Rodríguez-Piñero (*figuras 7 y 8*), así como el subsecretario del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Santiago Menéndez de Luarca (*figura 9*).

Personalidades asistentes

Entre los invitados a la cena se encontraban el secretario de Estado de Planificación e Infraestructuras del Ministerio de Fomento, Víctor Morlán; la secretaria general de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, Inmaculada Rodríguez-Piñero; el subsecretario del Ministerio de Medio Ambiente, Santiago Menéndez de Luarca; el senador, Mario Bedera; el director general del IGME, José Pedro Calvo Sorando; el decano de la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM, Eumenio Ancochea Soto; el decano del Colegio Oficial de Químicos de Madrid, Antonio Zapardiel Palenzuela; el presidente del Colegio Oficial de Físicos y presidente de la Fundación CONAMA, Gonzalo Echagüe; el decano del Colegio de Caminos, Canales y Puertos de la



Figura 1. El presidente del Colegio, Luis Suárez, recibiendo al ministro de Fomento, José Blanco.

Demarcación de Madrid, Florentino Santos; el director de la Red Sísmica Nacional, Emilio Carreño; el director del Observatorio Astronómico Nacional, Rafael Bachiller; el director ejecutivo de Circulación de ADIF, Antonio Berrios Villalba; la presidenta de la Federación

de Mujeres Progresistas, Yolanda Besteiro; el director general de la Asociación Española de la Carretera, Jacobo Díaz Pineda; la presidenta de la Comisión de Medio Ambiente y Ecología de la FEMP, Alejandra Escudero; el director técnico de SEITT, José Luis



Figura 2. Los asistentes durante el cóctel.



Figura 4. Víctor Morlán departiendo con Luis Suárez durante el cóctel.

(figuras 10 y 11), y previa presentación del acto por parte de José Luis Barrera (figura 12), comenzó la intervención del presidente del ICOG, Luis Suárez, quien agradeció la presencia en el acto del ministro de Fomento, del secretario de Estado de Planificación e Infraestructuras, Víctor Morlán, y de la secretaria general de Infraestructuras, Inmaculada Rodríguez-Piñero.

En su discurso, Luis Suárez abogó por que los colegios profesionales abandonen los caducos manuales corporativos y den un giro hacia los ciudadanos para merecer su confianza. En este sentido, Suárez recordó que ha sido el ICOG quien ha liderado la realización de propuestas de enmiendas a la Ley Ómnibus, que aborda la reforma de la Ley de Colegios Profesionales de 1974. Asimismo, el presidente del ICOG demandó a las Administraciones Públicas la puesta en marcha de políticas y planes de actuación que cambien la geología "curativa" por una geología preventiva que permita adelantarse a los riesgos naturales y prevenirlos.

Suárez también recordó durante su intervención las aportaciones del ICOG al proyecto de Ley de Economía Sostenible, como una mayor eficiencia en la contratación de personal en las Administraciones Públicas, abriendo las relaciones de puestos de trabajo a los más competentes, la realización



Figura 3. El ministro José Blanco junto al presidente, Luis Suárez, a la izquierda, José Luis Barrera, a la derecha.

Romero Valeiras; y el portavoz del Grupo Municipal Socialista de Tres Cantos, Miguel Aguado Arnáez.

Junto a estas personalidades acudieron varios miembros de los Consejos de Gobierno de las delegaciones del ICOG en Aragón, Asturias, Cataluña y País Vasco, al frente de los cuales estaban sus presidentes, Javier San Román,

Juan Zubieta, Joan Escuder y Miguel Gómez, respectivamente. También acudieron los ex presidentes de Asturias, César Casero; Aragón, Joaquín Lahoz; y Cataluña, Carlos Hellín.

Comienza la cena

A las 21.00 horas, ya con todos los invitados en sus respectivas mesas

Luis Suárez abogó por que los colegios profesionales abandonen los caducos manuales corporativos y den un giro hacia los ciudadanos para merecer su confianza

de estudios geológico-geotécnicos adecuados para los proyectos de infraestructuras con el fin de limitar los reformados o modificados de esos proyectos y el consiguiente aumento del coste de los mismos, el impulso a la energía geotérmica somera y la puesta en marcha de planes de captura y almacenamiento de CO₂ en los que los geólogos pueden aportar su amplia experiencia y conocimientos.

El presidente del ICOG concluyó su intervención deseando felices fiestas a todos los invitados y reiterando su agradecimiento al ministro de Fomento y demás miembros del Ministerio por su asistencia a la cena-coloquio.

Posteriormente a la intervención de Luis Suárez, tomó la palabra el vicepresidente del ICOG, José Luis Barrera, para presentar al invitado de honor de la noche, José Blanco López. De él destacó su origen gallego, sus primeros contactos con el mundo de la política a través de quien fuera profesor suyo y, más tarde, alcalde socialista de La Coruña, José López Orozco, y su afiliación al PSOE en 1978. Barrera también subrayó cómo José Blanco fue elegido senador por la provincia de Lugo en 1989, el más joven de aquella legislatura, y su paso al Congreso de los Diputados como cabeza de lista de la provincia de Lugo en 1996. Tras perder el PSOE aquellas elecciones generales, Blanco se integra en el movimiento Nueva Vía y contribuye a que José Luis Rodríguez Zapatero sea elegido secretario general del partido en el año 2000. Ese mismo



Figura 5. El ministro José Blanco firmando en el Libro de Honor.



Figura 6. El secretario de Estado de Planificación e Infraestructuras, Víctor Morlán, firmando en el Libro de Honor.



Figura 7. La secretaria general de Infraestructuras, Inmaculada Rodríguez-Piñero, firmando en el Libro de Honor.

El ministro tuvo palabras de reconocimiento para la labor de los geólogos, a la que calificó de esencial, ya que lo primero que se debe hacer al planificar una infraestructura es conocer el terreno sobre el que se va a asentar

año, José Blanco se convierte en secretario de Organización y Acción Electoral, lo que le lleva a dirigir con éxito las dos campañas electorales en las que Rodríguez Zapatero ha sido cabeza de cartel del PSOE. En el último congreso del partido, Blanco fue designado vicesecretario general del PSOE, en sustitución de



Figura 8. El presidente del Colegio entrega a Inmaculada Rodríguez el libro Geología y vinos de España.

Alfonso Guerra, y en abril de 2009 fue nombrado ministro de Fomento.

Tras esta presentación, José Blanco tomó la palabra y se dirigió a los presentes para agradecer, en primer término, la invitación del ICOG a su cena de Navidad y disculpar su ausencia del posterior coloquio por tener programada

una cena con la vicepresidenta segunda del Gobierno, Elena Salgado.

En su intervención, el ministro tuvo palabras de reconocimiento para la labor de los geólogos, a la que calificó de esencial, ya que lo primero que se debe hacer al planificar una infraestructura es conocer el terreno sobre el que se va a asentar. También anunció la creación de un grupo de trabajo integrado por representantes del ministerio y del Colegio de Geólogos para estudiar todas las propuestas realizadas por el presidente del ICOG en su intervención previa.

José Blanco declaró que uno de los principales objetivos que se marca el Ministerio para el nuevo ciclo es aumentar la inversión en mantenimiento y modernización de las vías existentes después del esfuerzo inversor de los últimos años en nuevas infraestructuras. Este nuevo modelo se enmarca dentro de las líneas de sostenibilidad económica y medioambiental que Blanco quiere imprimir a su política, para "no empeñar el futuro de las generaciones venideras".

Así, según datos del responsable de Fomento, España pasará de los 8.000 kilómetros de autovías que había en 2004 a los 12.000 kilómetros previstos para finales de 2012. Con respecto al tren de alta velocidad, actualmente hay 2.500 kilómetros en obra y está previsto que en 2010 se inauguren 300 kilómetros nuevos con la llegada del AVE a Valencia y la apertura del tramo Barcelona-Gerona, lo que situará a España como uno de los primeros países del mundo en alta velocidad.

Ausentado el ministro, se sirvió la cena a los asistentes (figuras 13 a 17).

Entrega de los títulos profesionales

El moderador de la velada, José Luis Barrera, solicitó la presencia de la presidenta de la Comisión Nacional de Evaluación de Títulos, Cristina Sapalski, para que dirigiera la entrega de los títulos profesionales. En el año 2009 se entregaron los siguientes títulos:

Según datos del responsable de Fomento, España pasará de los 8.000 kilómetros de autovías que había en 2004 a los 12.000 kilómetros previstos para finales de 2012

- **Alfonso Aizpiri Fernández.** Títulos de Geólogo Profesional Especialista en Geología Ambiental y de Geólogo Profesional Especialista en Ingeniería Geológica, y Título de Geólogo Europeo (figura 18).
- **Sergio Tenorio Matanzo.** Título de Geólogo Profesional Especialista en Recursos Minerales y Título de Geólogo Europeo (figura 19).
- **Jesús Ángel García Nieto.** Título de Geólogo Profesional Especialista en Recursos Minerales y Título de Geólogo Europeo. En su nombre recogió el título Abel Devita, de la Delegación de Asturias (figura 20).

También obtuvo el Título de Geólogo Europeo João Beckel Netto, pero no acudió a la cena a recogerlo.

Entrega de distinciones

Nuevamente, el moderador de la velada solicitó la presencia del secretario del ICOG, Manuel Regueiro, para que fuera mencionando y llamando a las personas distinguidas por el ICOG en el año 2009. Las distinciones fueron entregadas por el ministro de Fomento, José Blanco.

Colegiados de Honor

- **Luis González de Vallejo,** catedrático de Ingeniería Geológica de la UCM, por su continuada labor de apoyo y colaboración con el Colegio Oficial de Geólogos desde sus inicios



Figura 9. El subsecretario del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Santiago Menéndez de Luarca, firmando en el Libro de Honor.



Figura 10. Aspecto general de la sala durante la cena.

y en todas las actividades relacionadas con la profesión (figura 21).

- **Ramón Capote del Villar,** catedrático de Geodinámica de la UCM, por su larga y fructífera trayectoria de apoyo

y colaboración para el desarrollo del Colegio Oficial de Geólogos desde sus inicios y, especialmente, durante su mandato de vocal de la Junta de Gobierno del mismo (figura 22).



Figura 11. El ministro José Blanco hablando con el presidente del ICOG.



Figura 12. José Luis Barrera durante la presentación de la cena.

Miembro de Honor

- **Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo**, presidente del Colegio Oficial de Químicos y presidente de la Fundación CONAMA, por su defensa del medio ambiente en todas sus facetas y apoyo continuo para el desarrollo de la geología en el ámbito del medio natural (figura 23).

Concluida la entrega de títulos y distinciones, se pasó a responder a las preguntas formuladas por los asistentes al ministro. En su ausencia, respondió Víctor Morlán (figura 24).

Al final del acto se abrió la barra libre y los presentes pudieron seguir celebrando la fiesta navideña del Colegio. A todos los asistentes se les entregó a la salida el libro editado por el Colegio, *Geología y vinos de España*, cuyo autor, el colegiado aragonés Agustín Muñoz, firmaba amablemente a quien lo solicitaba (figura 25).



Figura 13. Mesa presidencial. De izquierda a derecha, José Luis Barrera (de espaldas), Víctor Morlán, Manuel Regueiro, Santiago Menéndez de Lúcar, Isabel Gómez, Inmaculada Rodríguez-Piñero y Luis Suárez.



Figura 14. Mesa de asistentes. De izquierda a derecha, Mario Bedera, Enrique Madrigal, José Miguel García, Mariano Santiso, José Pascual, Rafael Pérez Arenas, Eduardo Pradera, Manuel Jiménez y Jesús Ramos.



Figura 15. Mesa de asistentes. De izquierda a derecha, Javier San Román, Javier Gracia, Agustín Muñoz, Elísa Fernández de Liencres, Miguel Gómez, Joan Escuer, Ramón Pérez Mir y Julio Aizpiri.



Figura 16. Mesa de asistentes. De izquierda a derecha, Carlos Calvo, Carlos Martínez Navarrete, Ricardo García Moral, Alejandra Escudero, Carmen Félix, Rafael Bachiller, Emilio Carreño y Raúl Míguez.



Figura 17. Mesa de asistentes. De izquierda a derecha, Jacobo Díaz Pineda, mujer de Gonzalo Echagüe, Gonzalo Echagüe, mujer de Florentino Santos, Florentino Santos, Nuria Salom, Antonio Zapardiel, Roberto Rodríguez y Gonzalo Muzquiz.



Figura 18. Entrega del Título Profesional a Julio Aizpiri.



Figura 19. Entrega del Título Profesional a Sergio Tenorio.



Figura 20. Entrega del Título Profesional de Jesús Ángel García Nieto. Título de Geólogo Profesional Especialista en Recursos Minerales y Título de Geólogo Europeo. En su nombre recogió el título Abel Devita.



Figura 21. Entrega de la distinción de Colegiado de Honor a Luis González de Vallejo.



Figura 22. Entrega de la distinción de Colegiado de Honor a Ramón Capote del Villar.



Figura 23. Entrega de la distinción de Miembro de Honor a Gonzalo Echagüe.



Figura 24. Víctor Morlán, junto a José Luis Barrera, respondiendo a las preguntas de los asistentes.



Figura 25. Agustín Muñoz, autor del libro Geología y vinos de España, entregando el libro a Víctor Morlán.

Discurso del presidente del ICOG, D. Luis Eugenio Suárez Ordóñez

Buenas noches.

Sr. ministro de Fomento, autoridades y personalidades, miembros de la Junta de Gobierno, consejos de gobierno de las delegaciones, del Consejo Consultivo, invitados y colegiados.

Es ya una tradición que los geólogos españoles nos reunamos con nuestros invitados para celebrar el tradicional coloquio-cena con un alto responsable de la Administración.

Tenemos el honor de contar este año con la presencia de D. José Blanco, ministro de Fomento, lo que permitirá que nos transmita sus propuestas y al mismo tiempo poder trasladarle nuestras opiniones y sugerencias en los temas de su competencia.

Cuando hace ocho años disfrutamos de la presencia de José Luis Rodríguez Zapatero, le presentamos una propuesta transformadora de los colegios profesionales. En su discurso dijo textualmente: "La sociedad española debe reconocer a los colegios profesionales, como ha ocurrido con los empresarios. Para ello, los colegios han de impulsar una mayor actitud de compromiso social, pues son un pilar básico de la vertebración social".

Creo que ha llegado el momento de que los colegios abandonemos los caducos manuales corporativos y demos un giro hacia los ciudadanos para merecer su confianza. El Colegio de Geólogos siempre ha desarrollado una política profesional transformadora del sistema corporativo, para garantizar el principio constitucional de igualdad de oportunidades entre los profesionales, cuyo objetivo finalista son los ciudadanos, política que va en la línea del promulgado Real Decreto de Cualificaciones Profesionales y de la introducción en el ordenamiento jurídico español de la Directiva de Servicios, mediante la ley sobre el libre acceso a las actividades

de servicios y su ejercicio, conocida como "Ley Paraguas", y la ley de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley Paraguas, conocida como "Ley Ómnibus".

En este sentido, desde el marco de la Unión Profesional, que reúne a 40 consejos de colegios estatales y colegios de ámbito estatal, este Colegio ha liderado una actuación constructiva en la realización de propuestas de enmiendas a la Ley Ómnibus, que aborda la reforma de la Ley de Colegios Profesionales de 1974, propuestas que han sido asumidas, en parte, en el trámite parlamentario. Por ello, confiamos que la mayoría del Congreso de los Diputados asuma en el pleno de pasado mañana, las enmiendas aprobadas por el Senado, para conseguir el apoyo a la Ley de la Unión Profesional y alcanzar una ansiada reforma de los colegios profesionales al servicio de los ciudadanos.

El Colegio Oficial de Geólogos ha sido el primer colegio postconstitucional, creado 20 días después de aprobada la Constitución española. Somos una profesión regulada, de acuerdo con la Directiva Europea de Cualificaciones Profesionales, de cerca de 4.000 colegiados, que han cursado sus estudios en las nueve facultades de Geología de España. Este Colegio de Geólogos impulsa su misión, visión, valores y estrategia de actuación en base a dos lemas: la geología al servicio de los ciudadanos y la competencia para el competente.

Para impulsar la geología al servicio de los ciudadanos, hemos colaborado con el Parlamento europeo y español y con el Gobierno de España en la Ley de Aguas, la Ley de Ordenación de la Edificación, la Ley del Suelo, el Código Técnico de la Edificación, la Ley del Patrimonio Natural y Biodiversidad, la Ley de Parques Nacionales, el Decreto de Suelos Contaminados, las leyes Ómnibus y Paraguas, que introducen en el derecho español la Directiva de Servicios, la

introducción de la geotermia como energía renovable en la directiva europea de esa materia, realizado para el Ministerio de Medio Ambiente, así como la supervisión de los estudios geológicos de las presas de Itoiz, Siles y Yesa, para su puesta en servicio...

Para impulsar la geología de los ciudadanos el Colegio de Geólogos ha gestionado el visado telemático, con control de calidad y seguro de responsabilidad civil profesional de proyectos, la certificación de la gestión colegial por la ISO 9001: 2008 de Gestión de Calidad, y el servicio de Desarrollo Profesional y Bolsa de Empleo telemática, como instrumento formal para que hoy haya en el colectivo de geólogos un índice de desempleo del 5,2%.

Pero la geología al servicio de los ciudadanos no es sólo labor colegial, también desde el Colegio de Geólogos nos preocupamos y nos ocupamos de la cooperación internacional, razón por la que hace ya diez años creamos la ONG Geólogos del Mundo, abierta a todos los ciudadanos. Desde su creación, la ONG ha realizado 80 proyectos de geología humanitaria, bien de abastecimientos de agua o de prevención de riesgos naturales, que han resuelto problemas a decenas de miles de beneficiarios en Marruecos, Burkina-Faso, Mali, Senegal, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Perú y Ecuador.

Cuando un ciudadano tiene un problema geológico (se ha agrietado su edificio, sufre restricciones en el abastecimiento de aguas, padece desastres por inundaciones, tiene problemas de contaminación de suelos, se colapsan las infraestructuras públicas, etc.), no tiene mecanismos de defensa, dado que la actuación de los geólogos, en estos casos, es una actuación curativa. Por ello, demandamos a los poderes públicos en beneficio de los ciudadanos, que las políticas y planes de actuación cambien la geología curativa, "tipo bombero", por una geología preventiva, silenciosa, eficiente, mediante estudios



La realización de adecuados estudios geológico-geotécnicos de los proyectos de infraestructuras supone una enorme mejora en la relación coste-beneficio de las obras

Sostenible:

1. Realizar separadamente la contratación de los estudios geológico-geotécnicos y del proyecto de obras de infraestructuras, para que los estudios geotécnicos no sean una subcontrata de los proyectos constructivos.
2. Establecer que la memoria de los proyectos y sus anejos, entre ellos los estudios geológicos-geotécnicos, sean documentos contractuales.
3. Potenciar los equipos técnicos específicos, de carácter pluridisciplinar, para la dirección de los estudios geológico-geotécnicos y abordar, en su caso, la subcontratación de su supervisión.
4. Exigir la "doble llave" del proyectista y del autor del estudio geológico-geotécnico en las autorizaciones de los reformados de los proyectos de infraestructuras, dificultando y justificando los mismos, con exigencia de responsabilidad civil profesional.
5. Para la puesta en marcha de esta reforma, sería clave la constitución de un "grupo de trabajo para la mejora de la calidad de los estudios geológico-geotécnicos de proyectos de infraestructuras", de carácter pluridisciplinar.

En el segundo pilar del Anteproyecto de Ley de Economía Sostenible será la competitividad la que impulsará la simplificación administrativa. Propone, entre otras, la reforma del sistema de formación profesional, que pretende facilitar la adecuación de la oferta formativa a las demandas del sistema productivo. Nosotros pensamos que, paralelamente, se deberán reformar las atribuciones legales de las profesiones tituladas, mediante la incorporación de las competencias derivadas del título académico,

geológicos, geotécnicos y de riesgos naturales adecuados para el desarrollo de los proyectos constructivos y la investigación de los recursos naturales.

Estas propuestas de mejora ciudadana están recogidas en el documento "Aportaciones de los geólogos para la modernización de la Administración en la próxima legislatura", elaborado por el Colegio y que fue remitido a los partidos políticos para su integración en los programas de las elecciones generales de 2008, y que deseamos sean impulsadas mediante enmiendas al Anteproyecto de Ley de Economía Sostenible.

El primer pilar de este Anteproyecto de Ley es la mejora del entorno económico. Se pretende impulsar la racionalización del sector público empresarial y de la estructura de la Administración Pública. Nosotros demandamos que la eficiencia en la contratación de personal en el sector privado se traslade a las Administraciones Públicas, mediante una reforma en profundidad de las Relaciones de Puestos de Trabajo (RPT), abiertas, que aseguren que el principio constitucional de igualdad de oportunidades, en el acceso a las Administraciones Públicas

y, en concreto, en las demarcaciones de carreteras, en el CEDEX, el Instituto Geográfico Nacional y en las confederaciones hidrográficas.

Asimismo, mediante este pilar de mejora del entorno económico del Anteproyecto se modificará la Ley de Contratos del Sector Público para que éstos no puedan tener modificaciones que superen el 20% del presupuesto.

Nosotros queremos contribuir a este objetivo. La realización de adecuados estudios geológico-geotécnicos de los proyectos de infraestructuras supone una enorme mejora en la relación coste-beneficio de las obras de las Administraciones Públicas y son, en ocasiones, un factor causal de los reformados o modificados de los proyectos de obras de infraestructura.

Nuestra aportación a la ciudadanía para la solvente y eficiente construcción de las obras de infraestructuras públicas se basa en las siguientes propuestas de actuación para minimizar o eliminar los reformados de obras, en línea con las directrices del Anteproyecto de Ley de Economía

la formación recogida en el Suplemento Europeo al Título, la formación profesional continua y los títulos profesionales impartidos por los colegios profesionales en la futura Ley de Ejercicio de las Profesiones Tituladas, que desarrollará, por fin, el artículo 36 de la Constitución española.

En el Colegio pensamos, como la Conferencia Mundial sobre Educación Superior, organizada por la UNESCO en París este mismo año, que una de las nuevas dinámicas que están transformando la educación superior es el aprendizaje a lo largo de toda la vida. Cada profesional debe aplicarse a la educación propia hasta el último día de su vida, pensando que no hay maestro que no pueda ser discípulo.

El Colegio siempre explica sus propuestas en clave ciudadana, en qué benefician las mismas a los ciudadanos. Nosotros nunca pedimos competencias exclusivas, es más, hemos renunciado a ellas en nuestros Estatutos. Se defiende a los ciudadanos mediante un concepto amplio de atribuciones profesionales, acorde con el acervo jurídico comunitario que permita minimizar las reservas exclusivas de actividad, en ocasiones, establecidas por decretos-leyes de la dictadura y que el mercado profesional se abra a la competencia de las diferentes profesiones; en definitiva, que se cumpla el lema la competencia para el competente.

Para fomentar la competitividad, aunque ahora las circunstancias económicas son las que son, pensamos que el Gobierno debe hacer un esfuerzo para no reducir la financiación para la ciencia española. La investigación y la ciencia española han experimentado un gran avance en los últimos años, pero sin un mayor esfuerzo inversor en I+D+i será difícil alcanzar a nuestros socios europeos.

En el tercer pilar del anteproyecto de Ley de Economía Sostenible, la sostenibilidad ambiental fija el objetivo nacional de una reducción de un 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero y de un consumo del 20% de energías renovables sobre el total de consumo de energía bruta, para el año 2020.

En línea con este objetivo, el Colegio de Geólogos está impulsando en España la geotermia somera, es decir, el

aprovechamiento de la diferencia de temperatura entre el subsuelo más próximo, con el exterior, lo que permite un intercambio de calor, a través de una bomba de calor, que produce calefacción en invierno y aire acondicionado en verano, con un importantísimo ahorro energético.

En países como Alemania y Suecia, que están a la cabeza de Europa en el uso de la geotermia somera o de baja entalpía, ésta se utiliza en viviendas, industrias, centros comerciales, así como en aceras y calles peatonales, para que no haya nieve ni hielo. La energía geotérmica somera puede ser un aliado eficaz en la gestión de las infraestructuras de nuestro país, eliminando la nieve o el hielo en las pistas de aterrizaje en los aeropuertos, en aparcamientos de alta montaña, en tramos de carreteras difíciles en invierno, etc. Ya hay experiencias positivas, como la estación de metro Pacífico en Madrid, o en proyecto, como la futura estación del AVE de Cuenca, y podrían ampliarse para calefactar otras grandes superficies, ya que el gasto energético y su mantenimiento son muy bajos, con una durabilidad de más de 50 años.

En definitiva, la geotermia puede ser clave en nuestro desarrollo como país, ya que es una energía renovable, eficaz, sostenible y de futuro.

Para impulsar la reducción de las emisiones de CO₂, vamos a poner nuestra experiencia al servicio de los ciudadanos en el anteproyecto de Ley de Almacenamiento Geológico de CO₂, que aprobó el Consejo de Ministros el pasado viernes.

En aras a impulsar el tercer pilar de sostenibilidad ambiental del anteproyecto, debemos acentuar la prevención contra el creciente impacto de los riesgos naturales. Así, para la hipótesis de riesgo medio, las pérdidas estimadas de riesgos naturales en España para 2010 serían de 2.800 millones de euros, siendo las relativas a inundaciones de 1.570 millones de euros, un 57%. Si se desplegaran las medidas de mitigación se produciría una disminución de pérdidas de 2.800 a 1.200 millones de euros.

Tengo que expresar nuestro más sincero agradecimiento en nombre de los geólogos al Gobierno de España, por haber puesto

a nuestro país en la vanguardia de la protección de los ciudadanos contra las catástrofes naturales al establecer en la Ley del Suelo, la obligatoriedad de los mapas de riesgos en la ordenación urbanística. En efecto, el artículo 15 de la vigente Ley del Suelo establece que "el informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación". Esta Ley ha sido desarrollada por la *Guía metodológica para la elaboración de mapas de riesgos naturales en España*, realizada mediante un convenio de colaboración entre el Ministerio de Vivienda y el Colegio de Geólogos.

Una vez concluida la *Guía*, los geólogos deseamos promover la gestión sostenible de estos riesgos naturales, por lo que estamos a disposición del Ministerio de Fomento para colaborar en el proceso de planificación y contribuir a reducir los riesgos inducidos por la creación de infraestructuras, mediante la presencia de profesionales de la geología en organismos de las Administraciones Públicas. En este sentido, urgimos a la Administración del Estado para que el Instituto Vulcanológico de Canarias sea una realidad a corto plazo, en consonancia con la reciente declaración por unanimidad del Congreso de los Diputados, donde los geólogos vulcanólogos van a participar de forma destacada, ofreciéndonos desde este Colegio a colaborar con el Ministerio, tanto en el proceso de constitución como en su desarrollo.

Somos conscientes de la voluntad transformadora del Gobierno de España, aunque la empresa será ardua. Apoyamos la puesta en marcha de los cambios estructurales y organizativos necesarios en la Administración, aunque, como decía el politólogo irlandés Philip Petit: "La política es el arte más importante, pero el más difícil".

Por último, quiero aprovechar para felicitaros las Pascuas y deseáros un próspero año 2010 a todos los colegiados y a nuestros invitados, así como reiterar el agradecimiento sincero al Sr. ministro de Fomento por su presencia en esta cena-coloquio y agradecer su franca voluntad de colaboración con el colectivo de geólogos españoles.

Muchas gracias por su atención.

Discurso del ministro de Fomento, D. José Blanco López

Buenas noches a todos.

En primer lugar, quiero agradeceros el haber sido invitado a estar hoy con vosotros. Como sabéis, nunca se debe empezar la casa por el tejado, sino que lo primero han de ser los cimientos.

Si extrapolamos esta reflexión al campo de la obra pública, es fácil intuir que lo primero que se ha de tener en cuenta a la hora de diseñar una infraestructura es conocer el terreno sobre el que se apoya. El conocimiento de los suelos es una premisa capital a la hora de poner en marcha el estudio de cualquier obra pública.

Soy consciente de la importancia que tenéis vosotros, los geólogos, en el campo de las infraestructuras. *Lo primero que quiero transmitir es que estudiaremos vuestras propuestas, las propuestas enunciadas por el presidente del Colegio,* porque son precisamente el diálogo, la cooperación y la concertación el mejor de los terrenos donde apoyar las bases de los proyectos de futuro.

Por ello, ésta es una de las premisas que me está acompañando a lo largo de mi acción de Gobierno como ministro de Fomento: diálogo y concertación con todos los agentes implicados en las infraestructuras y el transporte, desde colegios profesionales, empresas, asociaciones, sindicatos, hasta, por supuesto, otras Administraciones, independientemente de su color político. La concertación es el mejor camino para sacar los proyectos adelante.

Y si hay un proyecto importante que el Gobierno está abordando es la renovación de nuestra economía. La estrategia de la economía sostenible persigue renovar nuestro modelo productivo para evitar errores como los del pasado. Una



estrategia que necesita de la colaboración de todos.

Desde el Ministerio de Fomento hemos tomado el testigo y queremos liderar esta carrera en el ámbito de nuestras competencias. Para ello, hemos marcado dos premisas en las que encarrilaremos nuestro trabajo y que serán los parámetros guía para la actualización del PEIT que afrontaremos a principios del próximo año:

- Sostenibilidad económica.
- Sostenibilidad medioambiental.

Hemos hecho una apuesta sin precedentes en la inversión en obra pública. Sabemos que esta medida, además de contribuir a la modernización y desarrollo de nuestro país, es un motor generador de empleo. Es fundamental invertir ahora más que nunca, porque es precisamente ahora cuando más se necesita. Por eso nos hemos comprometido a mantener para el próximo año los niveles históricos de inversión pública de 2009. Un compromiso con la inversión pública que no han seguido las comunidades autónomas.

Hoy, España tiene una red de infraestructuras de transporte de primer nivel. El volumen de inversión en infraestructuras realizado en los últimos años ha sido muy superior al de nuestros vecinos europeos. En los últimos cinco años se han puesto en servicio 2.300 kilómetros de autovías y autopistas, y hay actualmente otros 1.500 en construcción, por lo que entrarán en servicio antes de tres años. Pasaremos, por tanto, de 8.000 kilómetros en 2004 a unos 12.000 kilómetros en 2012.

En este periodo también se han puesto en servicio 700 kilómetros de líneas de alta velocidad y se encuentran en obras cerca de 2.500 kilómetros más. Sólo en 2010 pondremos en servicio otros 500 más. Estos crecimientos tan importantes de nuestras redes de autovías y autopistas y ferroviaria exigen que las inversiones en mantenimiento crezcan, al menos al mismo ritmo.

En puertos existe una situación a nivel global de sobrecapacidad en la red de puertos de interés general.

Y en aeropuertos, las fuertes inversiones realizadas en los últimos años, que ya han preparado nuestros aeropuertos para los próximos lustros, hacen necesario moderar ese ritmo inversor en el futuro.

Por eso, es aquí donde la sostenibilidad económica juega un papel determinante. Debemos planificar y construir buscando un equilibrio que no empeñe el futuro de generaciones venideras. Todo ello aconseja invertir la tendencia de la inversión realizada hasta ahora, para destinar presupuestos crecientes a mantenimiento, conservación y modernización de infraestructuras, reduciendo la inversión directa en obra pública "pura y dura". Un nuevo modelo de inversión que creará más puestos de trabajo por cantidad invertida.

Además de la dimensión económica, es prioritario reforzar la dimensión medioambiental de la sostenibilidad. Para ello apostamos por un transporte limpio, eficiente energéticamente, seguro y que se adapte a los nuevos retos del futuro.

Ese transporte es, sobre todo, el ferrocarril, por lo que estamos impulsando, por un lado, una red de alta velocidad de las más modernas y extensas del mundo, que garantizará un transporte limpio, rápido, seguro y de calidad para viajeros; y, por otro, el transporte de mercancías por ferrocarril, uno de los grandes retos que tenemos por delante y que ha sido durante mucho tiempo una asignatura pendiente. Conformar una ambiciosa red de transporte ferroviario de mercancías que garantice los desplazamientos de una forma competitiva, tejiendo un mapa estratégico basado en nodos de comunicación desde los que ramifiquen las líneas es una de nuestras prioridades. De esta forma concentraremos los demás medios de transporte en estos nodos, lo que nos permitirá impulsar un transporte basado en la intermodalidad y reducir las emisiones de gases contaminantes.

Pero debemos ir más allá. Los estudios demuestran que aproximadamente la mitad de las emisiones de CO₂ que generamos en España como causa del transporte tienen su origen en las áreas urbanas. Desde el Ministerio de Fomento estamos dispuestos a estudiar con las comunidades autónomas y con los ayuntamientos, que son las instituciones competentes, medidas encaminadas a reducir estas emisiones. En un clima de diálogo y entendimiento es necesario que encontremos fórmulas que apuesten por la implantación de modelos de transporte diferentes y sostenibles. Es responsabilidad de todas inculcar una nueva conciencia sobre la movilidad urbana, porque los problemas de movilidad en las ciudades condicionan en gran medida la calidad de vida de sus habitantes. Los problemas de movilidad urbana generan pérdidas de tiempo (atascos) y salud (contaminación).

Pocas cosas se me ocurren más importantes para las personas que el tiempo y la salud. Por eso, no me voy a quedar parado bajo la excusa de las competencias y abordaré con determinación el desafío de la movilidad urbana. Para ello, estoy dispuesto a sentarme con los presidentes de las comunidades autónomas y con los



alcaldes de las ciudades y buscar acuerdos de colaboración que impulsen infraestructuras y planes de movilidad destinadas a descongestionar las ciudades, partiendo del desarrollo de las redes de Cercanías y la implantación de los "bus vao", así como profundizando en el estudio de nuevas alternativas de transporte que apuesten por la sostenibilidad.

Concluyo ya. Como recoge el *Diccionario de la Lengua Española*: "La geología es la ciencia que trata de la forma exterior e interior del globo terrestre, de la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación, de los cambios o alteraciones que éstas han experimentado desde su origen y de la colocación que tienen en su actual estado".

Como bien sabéis los geólogos, los cambios y alteraciones que sufren las cosas es lo que marca las nuevas metas y retos que tenemos por delante. Apostar por nuevos modelos y técnicas que nos permitan avanzar hacia una sostenibilidad global es la mira que debemos marcarnos todos. Para ello, desde el Ministerio de Fomento seguiremos desarrollando e invirtiendo en la creación de infraestructuras pioneras que se asienten sobre el terreno de la cohesión y la vertebración de nuestro país, a la vez que nos permitan seguir abriéndonos camino hacia un futuro que apueste por el respeto al medio ambiente. Y para ello siempre contaremos con vosotros, los geólogos.

Muchas gracias.

Expedición Groenlandia 2009 (I). Su geología¹

Groenlandia es la mayor isla del mundo y posee una población de 57.000 habitantes, con índices de desarrollo altos. Su capital, Nuuk, cuenta con 16.000 habitantes. Durante la expedición, las poblaciones visitadas más importantes fueron Qaqortoq (3.000 habitantes) y Narsaq (1.700 habitantes). Políticamente, Groenlandia dependía de Dinamarca hasta junio de 2009, momento en el que se aprobó en referéndum un nuevo estatuto que le confiere el derecho de autodeterminación. La jefa de Estado continúa siendo la reina Margarita, aunque el nuevo estatuto otorga, entre otros derechos, un control autónomo de los yacimientos petrolíferos. Hasta el momento, los recursos económicos de la isla provienen de la pesca y de la subvención anual otorgada por el Gobierno danés, equivalente al 30% del PIB.

TEXTO | Domingo de Guzmán Fuente Puente, geólogo (guzmanf1488@icog.es); Carlos J. de Miguel Ximénez de Embún, geólogo (carlosj.demiguel@gmail.com); José Manuel García Aguilar, doctor en Ciencias Geológicas (chemacianos@msn.com)

FOTOGRAFÍAS | Guzmán Fuente: 10; Carlos de Miguel: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 13; José Manuel García Aguilar: 12, 19, 20; María del Carmen Salcedo de Lara: 21, 22; Agustina Cabrera: 11

Palabras clave
Groenlandia, viajes, expedición

El proyecto de expedición a Groenlandia surge en noviembre de 2008 entre un grupo compuesto en su mayoría por profesores y geólogos, con el fin de combinar actividades de contenido naturalista y observaciones geológicas en un escenario de máximo interés y atractivo a escala mundial. Se aventuraban visiones espectaculares sobre disciplinas geológicas tan variadas como petrología, tectónica, mineralogía y geomorfología, así como la observación de glaciares, fiordos, *inlandsis*, playas y lagos, entre otros muchos paisajes naturales. Además, teníamos el aliciente añadido

de visitar el que probablemente sea el mejor laboratorio natural para el estudio del cambio climático global y sus consecuencias a nivel ecológico y geológico.

Para llevar a cabo la organización logística de la expedición se contactó con una agencia especializada, realizando finalmente el viaje entre el 6 y el 22 de julio de 2009, con un grupo de 25 personas. Una vez llegados a Narsarsuaq, tras un recorrido previo Madrid-Londres-Reykjavik, comprobamos que las comunicaciones internas en la zona se efectúan de modo exclusivo mediante

embarcaciones, aviones o helicópteros. En nuestro caso, lo hacíamos mediante zódiac dotadas de dos motores de 125 caballos de potencia y con capacidad para 15 personas. Las actividades realizadas se centraron en rutas senderistas con diversas paradas para llevar a cabo observaciones geológicas, visitas a los museos y ruinas vikingas existentes y una visita a una granja de experimentación agrícola. Aunque nuestro alojamiento se efectuó exclusivamente en albergues y campamentos (*figuras 1 y 2*), la región visitada (*figura 3*) cuenta con hoteles, *lodges*, campamentos y albergues.



Figuras 1 y 2. Campamento "fletanes", utilizado durante varios días como base de la expedición (izquierda), y albergue de Qassiarsuk (derecha), nuestro primer alojamiento en Groenlandia.

1. La segunda parte de este artículo, la descripción de los puntos de interés geológico visitados, se publicará en el próximo número de la revista.

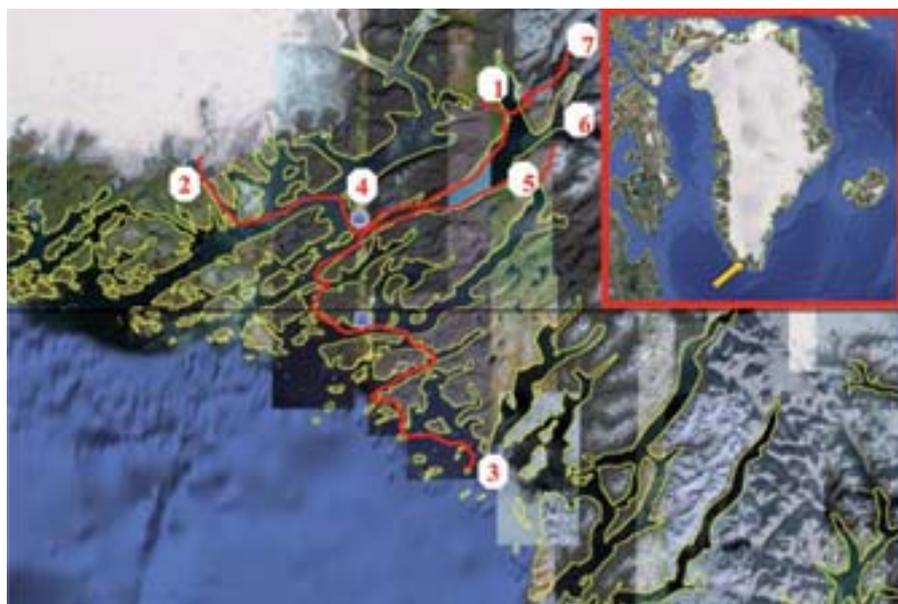


Figura 3. Google Earth: mapa general de situación (gráfico superior derecha), donde la flecha señala la zona visitada y el recorrido general de la expedición. Trazado en líneas rojas (gráfico inferior): la escala gráfica representa 50 km y los cuadrados azules marcan la posición de las localidades de Narsaq (cuadrado superior) y Qaqortoq (cuadrado inferior). La numeración corresponde a la de los PIG que se indicarán en la segunda parte del artículo a publicar en el número siguiente.



Figuras 4 y 5. Granja de Upernaviarsuk (izquierda) y la ciudad de Qaqortoq (derecha).

El recorrido

Nuestra expedición se ha desarrollado en una pequeña zona de Groenlandia, situada al suroeste (figura 3). El vuelo que nos condujo desde Reykjavik aterrizó en Narsarsuaq, cuyo aeropuerto recibe dos vuelos semanales provenientes de Islandia. La primera sensación vivida en este aeropuerto fue el intenso viento existente, que nos impidió llegar hasta el campamento de Qalerallit (que significa “fletanes” en español). Entrada la tarde, logramos cruzar el fiordo que nos separaba de Leif Eriksson Hostel, un albergue de nuestro turoperador que se utiliza como base en la población de Qassiarsuk.

La ruta seguida nos llevó desde Narsarsuaq a Qassiarsuk y Tasiusaq para continuar, vía Narsaq, hasta el campamento de “fletanes”, un lugar

emblemático junto al fiordo Qalerallit, y el *inlandsis* central de Groenlandia con sus lenguas glaciares exteriores. De allí continuamos hasta la granja de Upernaviarsuk (figura 4) y el campamento de la isla de Uunartoq, famosa por su laguna de aguas termales, única en Groenlandia.

Desde Uunartoq proseguimos hasta la ciudad de Qaqortoq (figura 5) y, posteriormente, a Narsaq (figura 6), donde visitamos el importante yacimiento de uranio de Kvanefjeld. Tras esta visita volvimos al campamento de “fletanes”, ya que la banquisa proveniente del Ártico nos impidió acceder a la zona sur de la isla (Nanortalik). Desde “fletanes” nos dirigimos de nuevo a Narsaq, terminando los días de expedición en las localidades de Igaliku, desde donde efectuamos una recorrido hasta el glaciar Qooqqup

El vuelo que nos condujo desde Reykjavik aterrizó en Narsarsuaq, cuyo aeropuerto recibe dos vuelos semanales provenientes de Islandia

(figura 7) y el fiordo Qooroq, y Qassiarsuk, donde llevamos a cabo una ruta por el valle de las Mil Flores (figura 8) hasta un mirador sobre el glaciar Kiattuut (figura 9).

A través de las imágenes fotográficas se puede intuir la espectacularidad de la naturaleza presente en Groenlandia, ésa a la que queremos dominar y a la que maltratamos con nuestros abusos. Será tarea de todos plantearnos si queremos seguir disfrutando de ella en toda su grandiosidad y belleza.

Los traslados

Como ya se ha comentado, los traslados entre poblaciones o entre campamentos de los 25 miembros que formábamos la expedición se realizaban en dos zódiac (figura 10). El abordaje de las zódiac se convertía en un auténtico ritual. Íbamos provistos de todas las capas de ropa que disponíamos (figura 11): camiseta térmica, forro polar fino, forro polar grueso, chaquetón de Gore-Tex, parca para el cuerpo, mallas, pantalón e impermeable para las piernas, gorro, *buff* y capucha para la cabeza. A esta indumentaria había que añadir el chaleco salvavidas. Nuestro equipaje, bien ordenado en un petate negro de 90 litros de capacidad, se situaba en el centro de la barca, mientras que nosotros nos ubicábamos sentados en los laterales.

La velocidad de las zódiac, unida al viento, nos golpeaba impidiendo ver poco más que la cara tapada del compañero de enfrente. Otras veces, cuando el viento viajaba a nuestro favor, la sensación de frío era nula y se disfrutaba sobremanera de la



Figuras 6 y 7. Imagen de la localidad de Narsaq (arriba) y del glaciar Qooqqup (abajo).



Figuras 8. Valle de las Mil Flores.

Frecuentemente, aparecen publicados artículos sobre Groenlandia como ejemplo del retroceso y el deshielo de los glaciares, para alertar sobre el cambio climático global y sus efectos

aparecía como un espejo y el sol brillaba de manera especial. Pasamos calor, hasta buscábamos la sombra en ocasiones, caminábamos en camiseta de manga corta y, al final, acabamos con nuestra piel tan bronceada como si hubiésemos estado en una playa tropical. En este sentido, tuvimos mucha suerte, ya que desde el tercer día de la expedición todos amanecieron despejados (aquí el concepto de orto es relativo puesto que, de facto, gozábamos de 21 a 22 horas de luz al día) y con unas temperaturas medias de 14 a 17 °C, aunque en las horas centrales podíamos tener máximas de 20 a 25 °C. Para que quede constancia de este hecho, podemos comprobar en la *figura 12* un termómetro exterior en la ciudad de Qaortoq que registraba ¡31 °C!

El cambio climático a debate

Frecuentemente, aparecen publicados artículos sobre Groenlandia como ejemplo del retroceso y el deshielo de los glaciares, para alertar sobre el cambio climático global y sus efectos. En este sentido,

navegación y del paisaje de témpanos de hielo. En más de una ocasión, durante estos traslados, algunos con una duración superior a tres horas, la somnolencia era generalizada pero, ¡cualquiera se dormía corriendo el riesgo de caer al agua helada!

En una de las travesías se perdió de vista a la segunda zódiac. En el lugar de destino (Qaortoq) les esperábamos impacientes para cenar en el único restaurante existente, de estilo tailandés. Al final llegaron remolcados por la primera zódiac, tras estar parados y a la deriva en el fiordo cerca de una hora debido a un fallo en ambos motores. Durante la espera bebieron té, comieron chocolatinas y se lo tomaron con el mejor humor que pudieron.

Afortunadamente, el rescate fue un éxito y pudieron llegar a tiempo para degustar esa cena tan exótica en esas latitudes.

La sorpresa: el clima

A nuestra llegada, el viento nos impidió navegar y hubo que esperar horas para llevar a cabo una corta travesía para cruzar el fiordo Tunulliarfik, desde Narsarsuaq hasta Qassiarsaq, lugar donde se hallaba el albergue. Si estas condiciones —pensábamos— de navegación, con el agua salpicando la cara y las olas “meciendo” las zódiac, iban a ser habituales, aquello podría ser insufrible. Afortunadamente, esos presagios no se cumplieron, puesto que dos días después el agua del fiordo



Figura 9. Glaciar Kiattuut.



Figura 10. Zódiac utilizada habitualmente en nuestros desplazamientos durante la expedición.



Figura 11. Indumentaria utilizada durante las travesías.

de acumulación, para estimar el balance de masas.

¡Silencio!

Desde Igaliku, siete de nuestros compañeros se fueron en zódiac para intentar acceder a la ciudad de Nanortalik, bloqueada por el hielo proveniente de la banquisa del norte. El resto del grupo comenzamos una ruta que nos sorprendería y nos entusiasmaría desde Igaliku hasta el fiordo Qooroq. Al comienzo bordeamos un lago y algunas dunas de arena, indicador de que esta zona debió de estar ocupada en el pasado por una playa. El camino continuó con una fuerte subida, sobrepasando lomas, una tras otra, en busca de un mirador que nunca llegaba. Buscábamos una vista panorámica del fiordo Qooroq y el glaciar Qooquup, pero no podíamos imaginarnos lo que íbamos a contemplar. Desde una perspectiva envidiable vimos el *inlandsis* al fondo, el frente del glaciar y los témpanos que se desprendían para invadir el fiordo en una banquisa única. José Luis, uno de nuestros compañeros, gritó de repente algo que seguro muchos estábamos pensando, ¡silencio! Silencio para contemplar tanta belleza, para escuchar el sonido del silencio y el sonido del glaciar sin nuestros parloteos, para sentir con mayor intensidad ese momento. Con esta panorámica nos sentamos al borde y comimos nuestro *picnic* diario. Debíamos volver, era la hora, pero inconscientemente intentamos dilatar ese momento. Queríamos retener en nuestra mente durante todo el tiempo posible semejante postal. Posteriormente, embarcamos en las zódiac para nuestro traslado a Qassarsuk. En el trayecto nos adentramos entre los témpanos de hielo del fiordo Qooroq, desprendidos por el glaciar; paramos la zódiac y brindamos con

nosotros no desperdiciamos la oportunidad que nos brindaba nuestra estancia en Groenlandia para dedicar una tarde en el campamento "fletanes" a discutir sobre este apasionante tema. Estos datos siempre hay que tomarlos con la debida precaución y atendiendo a los estudios sobre cambios climáticos cíclicos producidos en la Tierra a distintas escalas de tiempo. Estos cambios son debidos a diversos factores con una complejidad mayor de la que nos hacen ver diariamente. En una de las visitas realizadas en la expedición pudimos comprobar la importancia del clima para algo muy difícil en Groenlandia: cultivar. La granja de Upernaviarsuk es un centro experimental en el que se investigan

nuevos modos de cultivar mediante invernaderos. El periodo de producción de cultivos en este lugar es de sólo dos meses a causa de las extremas temperaturas invernales. En 15 años, nos comentaron que la temperatura había subido dos grados. Para ellos cualquier subida de temperatura sólo les reportaría beneficios. Es cierto que con las observaciones realizadas en dos o tres años consecutivos se puede ver que efectivamente los glaciares han retrocedido (figuras 13 y 14). Los glaciares sufren variaciones volumétricas con una periodicidad muy corta y éstas se detectan fácilmente. Sería necesario comprobar en este sentido el retroceso en los glaciares costeros con la cantidad de hielo en el interior, en su zona

una bebida cubierta de un hielo de miles de años de antigüedad.

Los mosquitos

Nunca pensamos que la recomendación de llevar una mosquitera para la cabeza fuese tan en serio. Los mosquitos hacían acto de presencia en cuanto el viento estaba en calma, haciendo insoportable caminar tranquilamente. Más de uno se comió alguno por no llevar la boca cerrada.

Paisajes increíbles

Una de las actividades más espectaculares realizadas fue sin duda la contemplación de paisajes, como aquella vez que, desde la ciudad de Narsaq, subimos la gran mole granítica situada detrás de la población. Fue una subida exigente y con una gran pendiente, a la que bautizamos como "subida vertical". Una vez en la cima pudimos obtener el trofeo: la vista de los fiordos inundados de témpanos y la población de Narsaq a nuestros pies, bañada por el sol del atardecer. En nuestro regreso al campamento "fletanes" nos sorprendió un atardecer que quedará grabado. El sol se escondía detrás de los dos brazos del glaciar Qalerallit. Las instantáneas desde el campamento se sucedían para intentar plasmar en una foto la luz del atardecer, las sombras de las montañas y la silueta de la playa. Aunque lo que una foto nunca podrá captar son las sensaciones personales que se tienen ante esas imágenes. La intensidad y los colores de la luz del atardecer hacían de su visión un regalo.

Un poco de historia

En el año 986, un grupo de islandeses se establecieron en Groenlandia, que significa "país verde". Era el nombre elegido por Erik el Rojo, jefe de la colonia, que había explorado la zona unos años antes, tras ser expulsado de Islandia por homicidio. Se sospecha que el nombre era deliberadamente optimista para animar a sus seguidores a establecerse allí. En aquella época, Groenlandia estaba habitada por la cultura dorset, caracterizada por una tecnología primitiva. Por entonces la cultura inuit (esquimal) se



Figuras 12 y 13. Registro de 31 °C en la localidad de Qaqortoq (arriba) y posibles efectos del calentamiento global traducidos en la fusión acelerada de glaciares (abajo).

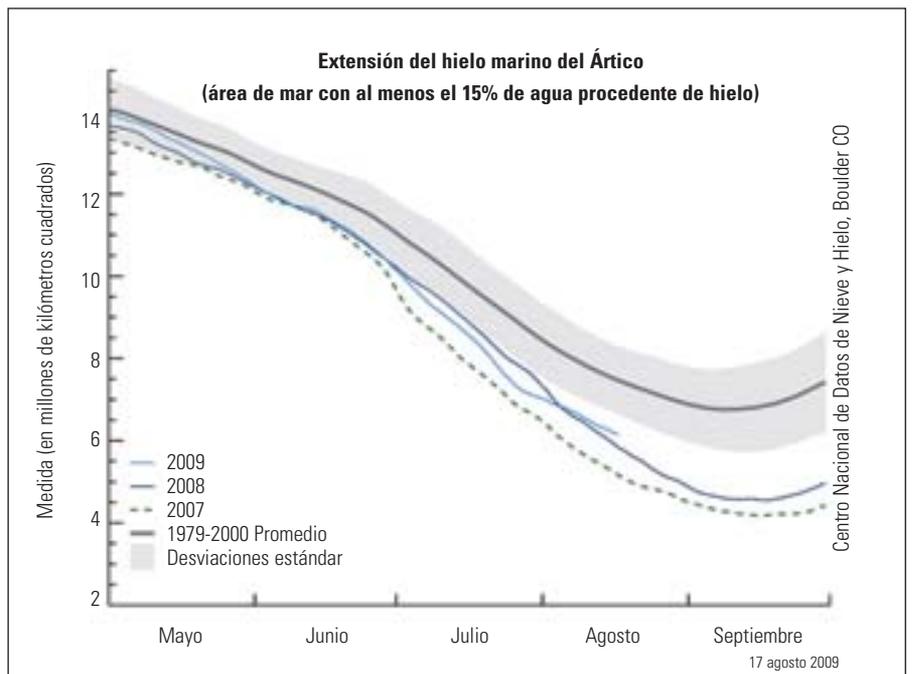


Figura 14. La cantidad de hielo en agosto de 2009 del Ártico se sitúa por encima del mismo periodo de 2007, aunque por debajo de la media en el periodo 1979-2000. Fuente: NSIDC (National Snow and Ice Data Center).



Figura 15. Mapa general de Groenlandia, donde se aprecian las zonas libres de hielo a modo de anillo exterior. El sector visitado en la expedición se halla en torno a la localidad de Qaqortoq, al SO de la isla (<http://www.clim-atic.org/images/greenland/greenland%20map.jpg>).

estaba desarrollando en lo que ahora es Canadá y no llegarían a Groenlandia hasta un siglo más tarde. Su tecnología era muy superior, sobre todo en lo referente a la indumentaria adaptada al frío y sus artes

para cazar ballenas y focas a través del hielo. Fueron los primeros en tener trineos con perros, kayaks impermeables y arpones especializados. Cuando llegaron a Groenlandia, los vikingos eran paganos,

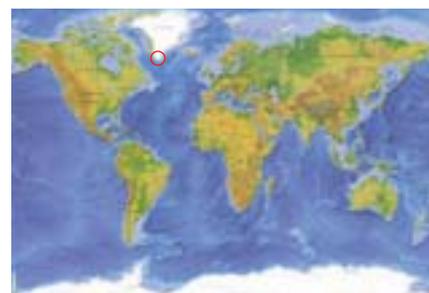


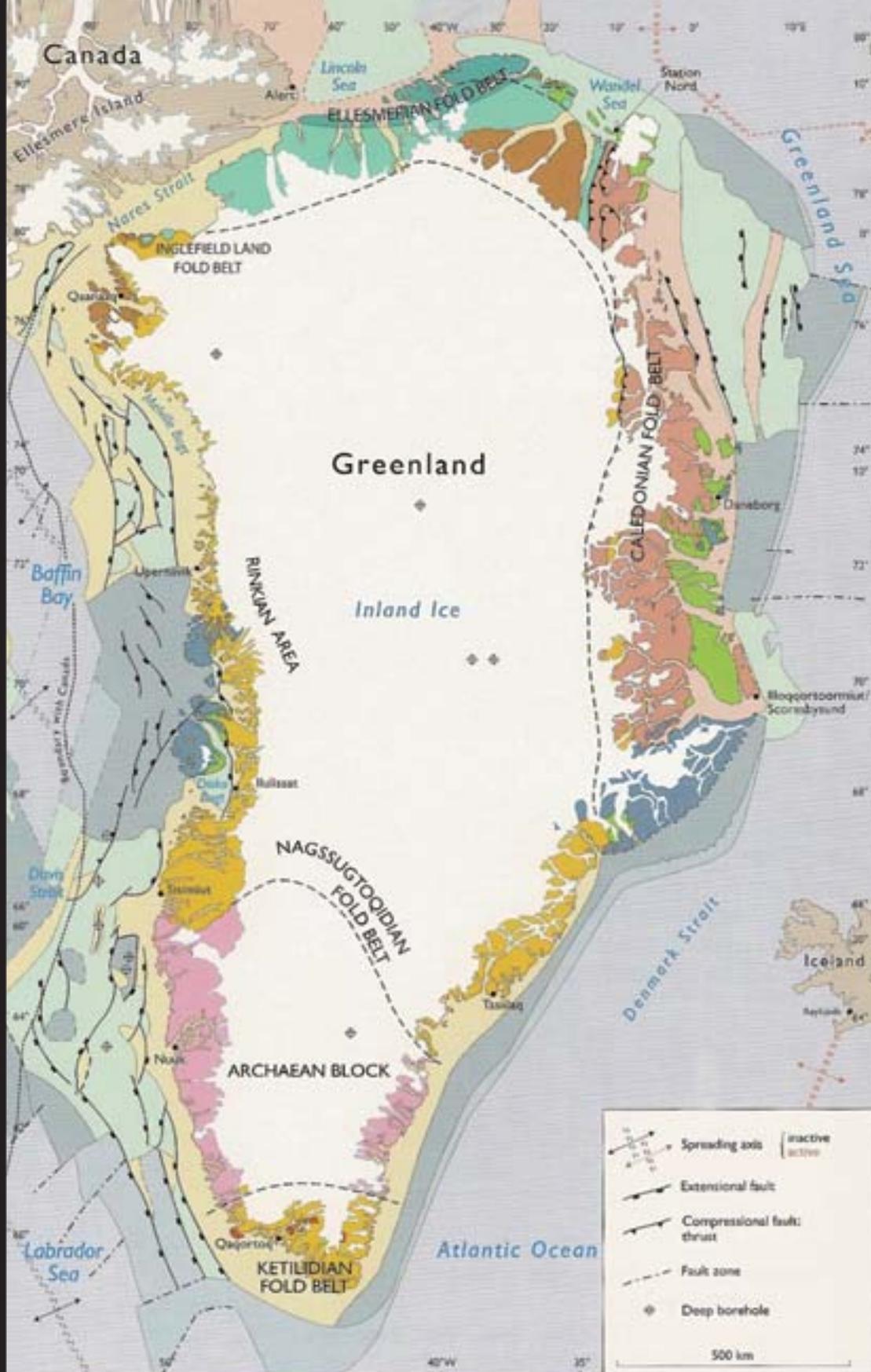
Figura 16. Mapa de contexto de Groenlandia (derecha) a escala mundial. El sector visitado aparece señalado con un círculo (<http://img2.allposters.com/images/PYREU/GPP304033.jpg>).

aunque Leif, hijo de Erik el Rojo, proclamó oficialmente el cristianismo en parte por motivos prácticos: los escandinavos convertidos no podían comerciar con paganos. Desde entonces, se construirían iglesias y se pagarían diezmos a la lejana Roma. La población escandinava en Groenlandia, de carácter medieval, llegó a alcanzar unos 5.000 habitantes en 50 granjas repartidas en dos asentamientos alejados entre sí. Estos pobladores valoraban sobre todo su ganado, basado en ovejas y vacas, como medio de subsistencia, aunque con el tiempo pasaron a depender para su sustento de la caza hasta su desaparición en el siglo XV por causas socioeconómicas y ambientales aún no establecidas en detalle.

Contexto geológico de Groenlandia

Generalidades

Groenlandia constituye la mayor isla del mundo, con una extensión de 2,17 millones de km², de los cuales un 81% está cubierto de hielo (figuras 15 y 16). Su punto más elevado se halla al SE (Gunnbjorn Fjeld), con una altura de 3.693 m. El conjunto de la isla presenta una morfología de tipo triangular invertida con dimensiones medias de 2.675 km en sentido N-S y 1.250 km en sentido E-O, quedando las zonas libres de hielo en un anillo costero exterior con una anchura media de 100 km. El extremo sur de la isla corresponde al cabo Farvel, situado a 59° 40' de latitud norte. Los paisajes dominantes son glaciares planos en su sector central (inlandsis) que llegan a superar los 3.400 m de espesor de hielo y se sitúan a una cota media de 2.100 m. Este inlandsis evoluciona



| Younger volcanic areas | Younger fold belts | Sedimentary basins | | Basement rocks |
|--|--|---|-------------------------------|---|
| | | Younger | Older | |
| Basalts and intrusions on land (80-50) | Ellesmerian (330) | Devonian-Permian on land (415-23) | Early Paleozoic (343-414) | Paleoproterozoic on land (2000-1750) |
| Basalts offshore (80-32) | Caledonian (432) | Offshore, Devonian-Permian (major basins) (403-0) | Proterozoic (1740-542) | Archaean on land (3800-2530) |
| Conventional slope, largely unexplored | Offshore, often covered by younger sediments | | Gander intrusions (1310-1120) | Undifferentiated offshore basements, often covered by sediments |
| Ocean-floor basalts (70-0) | | | | |

Ages given in million years (Ma)

Figura 17. Mapa geológico general con la distribución de grandes unidades geológicas, dominadas por materiales precámbricos y paleozoicos (modificado de Henriksen, 2008).

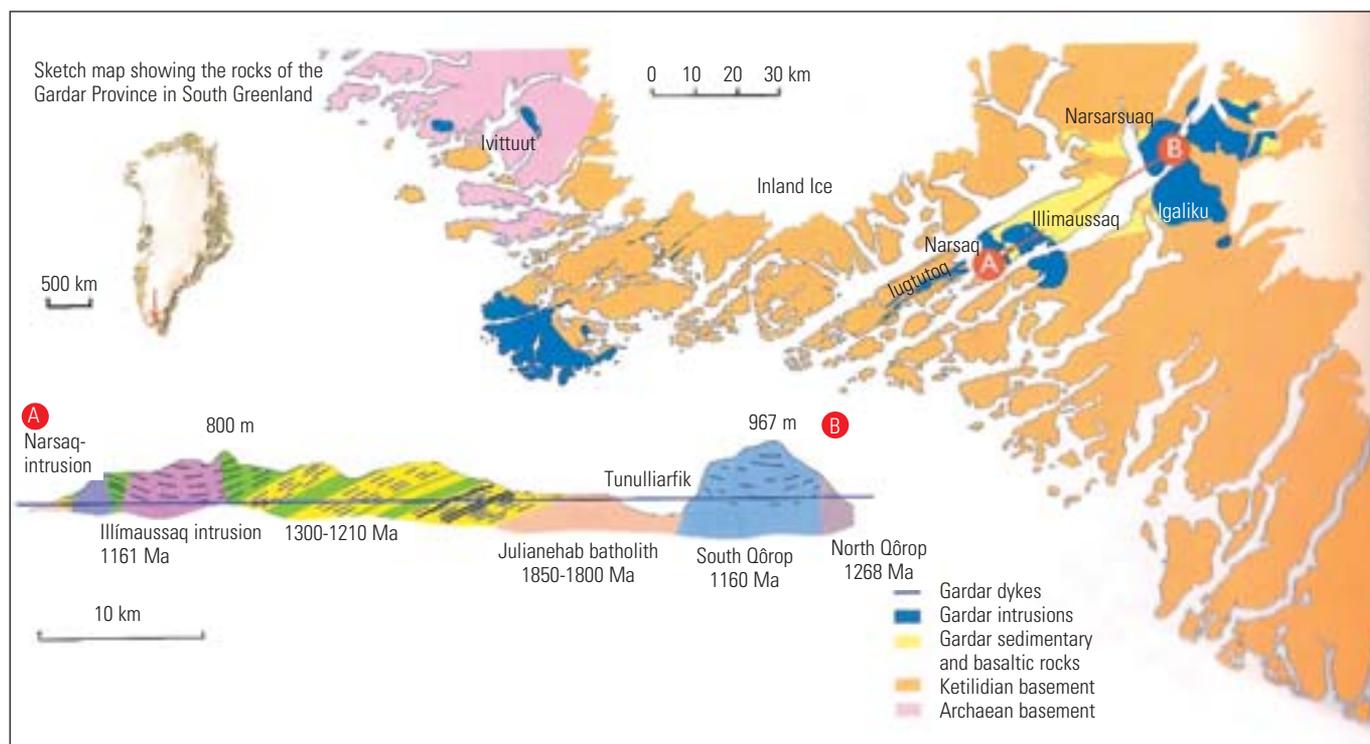


Figura 18. Mapa geológico del sector visitado en Groenlandia (modificado de Henriksen, 2008). Los colores marcan distintos tipos de materiales y unidades geológicas.

externamente hacia formas de valles glaciares de tipo alpino con perfiles en "U" que pueden conectar con el mar, dando lugar a fiordos. Otros rasgos característicos son los *horns* y *nunataks* (cimas rocosas rodeadas de un plano de hielo), islas e icebergs. La intensa erosión del hielo y las rocas que transporta (morrenas) talla un paisaje dramático de agujas, aristas rocosas, estrías horizontales (a veces de escala kilométrica), rocas pulidas, pilancones y oquedades de distinta escala que pueden desarrollar posteriormente lagos y lagunas. Los depósitos glaciares (tillitas) son comunes, así como los paisajes montañosos, cuyas cumbres desprovistas de hielo suelen tener cotas entre 800 y 2.500 m, bajo las cuales se desarrollan espectaculares glaciares. El clima de Groenlandia resulta muy variable tanto en el tiempo como en el espacio. La zona costera sur presenta temperaturas medias anuales en torno a 5 °C, con mínimas de -10 °C en diciembre-enero, máximas de 12-15 °C en julio-agosto y picos térmicos que pueden superar los 20 °C. La zona central, sin embargo, muestra temperaturas medias anuales de -10 °C y mínimas de -30 °C. En cuanto a las precipitaciones, suelen ser irregulares en el tiempo y el espacio,

La costa oeste está influenciada por la corriente polar de El Labrador, de procedencia norte, lo que explica la presencia de icebergs en latitudes más bajas que en otros lugares del océano Atlántico

siendo las máximas en la zona sur (unos 800 mm) con picos de 60 a 80 mm durante los meses de verano. En los últimos años resulta evidente una elevación general de las temperaturas, sobre todo en la época de verano, con incrementos de varios grados centígrados. Diversos testimonios recogidos durante esta expedición demuestran incrementos de 2-3 °C en los últimos 15 años. De modo directo, pudimos constatar durante nuestro viaje unas temperaturas medias de 14 a 17 °C, con mínimas de 7-8 °C y máximas por encima de 20 °C. Estos valores inducen

inevitablemente una fusión acelerada de los glaciares que generan intensas corrientes fluviales y extensas zonas de banquisa, fruto de la ruptura de dichos glaciares.

Desde el punto de vista oceanográfico, la costa oeste está influenciada por la corriente polar de El Labrador, de procedencia norte, lo que explica la presencia de icebergs en latitudes más bajas que en otros lugares del océano Atlántico. Este hecho causó el hundimiento del famoso buque *Titanic*, el 14 de abril de 1912. Cerca de la isla de Terranova, esta corriente fría de El Labrador colisiona con la corriente cálida del golfo de México.

Desde el punto de vista geológico, Groenlandia presenta un escenario único a escala mundial. Los lugares donde afloran rocas en superficie (anillo costero) han permitido a los geólogos reconocer formaciones rocosas y sucesos acontecidos en los últimos 3.800 millones de años (M.a.), desde las primeras campañas sistemáticas de exploración geológica, que tuvieron lugar a partir de 1954 a cargo de geólogos daneses (figura 17). Como accidentes geográficos más importantes destacan dos cadenas montañosas paralelas a la costa que se originaron



Figura 19. Ejemplo de terrenos pertenecientes al cinturón ketilídico: zona granítica de Qalerallit (campamento "fletanes"). Al fondo se puede apreciar el inlandsis central de Groenlandia.

en el Paleozoico inferior: una al NE (cinturón orogénico Caledoniano, hace unos 420 M.a.) y otra al N (cinturón orogénico Ellesmeriano, hace 350 M.a.). Estas cuencas sedimentarias exponen a veces eventos volcánicos, aunque fue en el momento de la apertura del océano Atlántico (60-55 M.a.) cuando aparecen grandes extensiones de coladas basálticas.

Breve historia geológica de Groenlandia

La historia geológica de Groenlandia se puede resumir en cinco etapas temporales (Henriksen, 2008; GEUS, 2006):

- Primera etapa, de edad Arcaico (3.800 a 2.700 M.a.), aparece poco representada. En la localidad de Isua afloran unas rocas sedimentarias de 3.800 M.a. que incluyen algunos de los primeros restos fósiles de seres vivos conocidos en el mundo. Se trata de cianobacterias acumuladas en láminas de hierro oxidado que nos indican la primera producción de oxígeno libre en nuestro planeta. Hace unos 2.720 M.a. las distintas subplacas tectónicas que formaban el basamento (compuestas de gneises, rocas metamórficas, rocas plutónicas y anortositas) se unieron en una placa mayor que aflora actualmente al O y SE.
- Segunda etapa, de edad Proterozoico (2.700 a 542 M.a.), resulta más compleja que la primera. En ella, Groenlandia se situaba cerca del Polo Sur, a unos 17.000 km de su posición actual. Entre 2.050 y 1.750 M.a. la mayor parte del basamento arcaico se recicla en nuevos procesos tectónicos, plutonismo granítico y secuencias sedimentarias. El viejo continente arcaico se rompe,

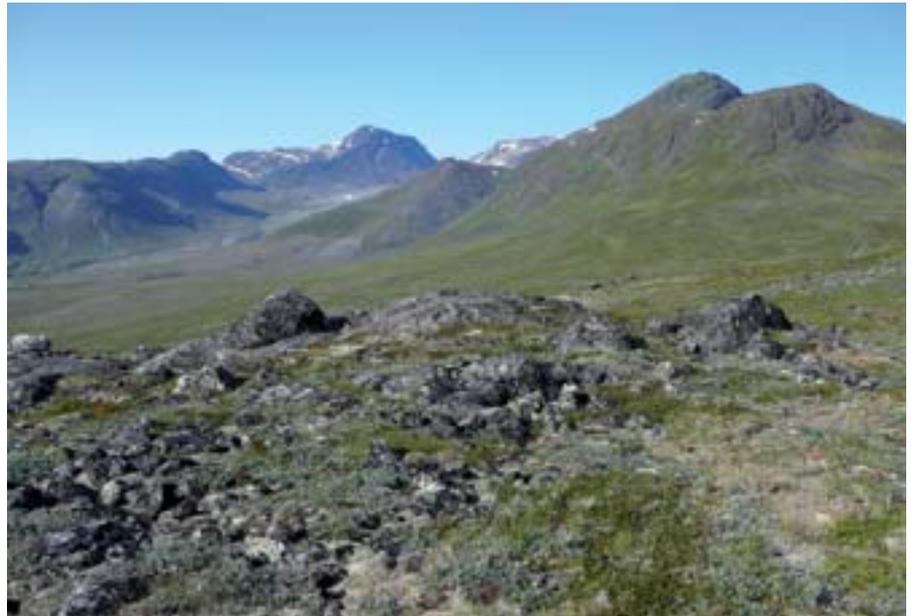


Figura 20. Ejemplo de terrenos pertenecientes a la provincia Gardar (sienitas y rocas máficas principalmente), situados al este de la localidad de Narsaq.

forma corteza oceánica y se vuelve a construir en una nueva configuración de plegamientos paleoproterozoicos. En el sur, el cinturón orogénico Ketilídico (1.825-1.725 M.a.) se forma como unidad independiente del resto. Entre 1.800 y 1.725 M.a., diversas partes del basamento se unen en un bloque único de cratón. Después se origina una gran cuenca sedimentaria donde se depositan, sobre todo, areniscas al NO, N y NE, la cual se rompe en un *rift* volcánico. Al sur, la provincia Gardar (1.350-1.125 M.a.) queda marcada por este *rift* de orientación NE-SO que afecta al basamento. Se forma entonces una cuenca sedimentaria continental que incluye materiales volcánicos y plutónicos en forma de diques. Entre 1.100 y 1.000 M.a. se forman distintas cuencas sedimentarias (marinas sobre todo) con depósito de areniscas al SE, E y NE, tectonizadas en la orogenia greenvillense (930 M.a.). La cuenca situada al este (Eleonore Bay) muestra hasta 1.400 m de sedimentos marinos de clima cálido que evolucionan hasta depósitos glaciares (tillitas).

- Tercera etapa, corresponde al Paleozoico (542 a 251 M.a.). A comienzos de este periodo se forma un nuevo océano en la Tierra (Iapetus) entre los antiguos continentes Laurentia (formado por los actuales Norteamérica y Groenlandia) y Báltica (formado por parte de Asia y

Europa actuales). En este océano se depositan unos 4.000 m de sedimentos carbonatados durante el Cámbrico-Ordovícico, visibles al este de Groenlandia (cuenca de Kong Oscar Fjord). Además, hay otra cuenca al norte (cuenca de Frankilian) con otros 4.000 m de carbonatos someros y 8.000 m de arenas y lodos marinos de mayor profundidad depositados en un contexto de tipo turbidítico. A finales del Ordovícico, Iapetus se cierra y, en el Silúrico-Devónico inferior, chocan Laurentia y Báltica, originando un cinturón montañoso plegado con plutonismo (13.000 km de orogenia caledoniana que forma toda la costa N y E de Groenlandia). En el Devónico superior tiene lugar el ascenso tectónico, erosión y extensión de este cinturón caledoniano, formando cuencas sedimentarias fracturadas en los bordes con potencias de hasta 10.000 m de sedimentos lacustres, fluviales y eólicos de edad Devónico-Pérmico. En esta etapa, Groenlandia sigue un viaje tectónico hacia el norte, que la lleva a posiciones cercanas al Ecuador.

- Cuarta etapa, de edad Mesozoico-Genozoico (251 a 2 M.a.). En el Triásico, Groenlandia se une a Laurasia y ésta a Pangea (único continente de hace unos 250 M.a.). Posteriormente, Pangea se rompe en un proceso de *rifting* y se crea nuevo fondo marino. La costa este une el

mar Boreal con *Thetys*. Los *rifts* creados acumulan en esta etapa grandes potencias de sedimentos marinos y continentales que rodean Groenlandia al N, E y O. En el Paleógeno, la apertura del océano Atlántico entre 60 y 54 M.a. da lugar a un *plateau* de gran potencia (hasta 10 km) de basaltos en zonas costeras del E y O. Esta situación se prolonga hasta el Mioceno.

- Quinta etapa, corresponde al Cuaternario (1,8 a 0 M.a.). Tras completar su viaje tectónico hacia el norte, Groenlandia se emplaza en su posición actual y se cubre de hielo desde hace unos 2,4 M.a. Se desarrolla desde entonces una actividad glaciar de acumulación-erosión, formando valles en "U", fiordos, morrenas, etc. La capa de hielo o *inlandsis* ha fluctuado durante este periodo en espesor y extensión según ciclos periódicos. La última retracción del *inlandsis* comenzó hace unos 11.700 años, tras un máximo desarrollo.

Geología del sector visitado: grandes unidades geológicas y geomorfológicas

La zona visitada en la expedición comprende tres grandes unidades geológicas regionales (*figura 18*): basamento cristalino, cinturón plegado ketilídico y la provincia Gardar. Asimismo, podemos considerar otras tres grandes unidades geomorfológicas: glaciares y fiordos, relieves montañosos y depósitos subactuales (tillitas, abanicos aluviales, playas, terrazas y paleoterrazas). El basamento cristalino arcaico tiene una edad comprendida entre 3.800 y 2.500 M.a. y suele estar compuesto por granitos y gneises con inclusiones de otras rocas como anfibolitas. Forma cadenas montañosas originadas en este periodo bajo unas condiciones de profundidad de 20 a 50 km y temperaturas de 400 a 800 °C. Esta unidad aflora a unos 15 km al NE de nuestra zona de expedición. El cinturón plegado ketilídico es una estructura geológica de gran escala en dirección NE-SO que aparece en nuestra zona de visita. Se desarrolló en el margen sur del basamento arcaico y constituye el mejor ejemplo en Groenlandia de cinturón plegado por la colisión de antiguas placas tectónicas en el Precámbrico (1.900-1.725 M.a.). Se compone de granitos



Figura 21. Imagen aérea del inlandsis y glaciares situados junto a la localidad de Narsarsuaq, además de los relieves de clara morfología alpina, compuestos principalmente por materiales sieníticos y graníticos.

deformados, ortogneises con bandas métricas claras de cuarzo y feldespatos y oscuras de anfibolitas (rocas volcánicas metamorfizadas a 15-40 km de profundidad y temperaturas de 450 a 750 °C) ricas en hornblenda, plagioclasa y biotita. Ocasionalmente presenta esquistos, correspondientes a sedimentos y depósitos volcánicos metamorfizados en facies de esquistos verdes (10-35 km de profundidad y 350-500 °C). Las estructuras tectónicas del basamento son sobre todo pliegues de distinta escala y geometría.

La estructura geotectónica de este cinturón se compone, en sentido norte-sur, de tres zonas:

- *Foreland*, con una banda de 50 km de anchura de gneises de 2.800 M.a.
- Granitos (batolito Julianehab) desarrollados durante unos 60 M.a. (1.850 a 1.790 M.a.) como intrusiones diferentes aunque en la actualidad forman una masa continua con un afloramiento de 150 km de anchura (*figura 19*).
- Banda de 40 km de anchura formada por areniscas y gravas metamorfizadas de origen fluvial, resultado de la erosión de los granitos. En el extremo sur de la zona aparecen esquistos, resultado del metamorfismo de sedimentos fluviales

de grano fino. Posteriormente, el conjunto se vio sometido a una sutura de margen oceánico mediante subducción, lo que originó un arco volcánico y el depósito posterior de potentes series vulcanosedimentarias entre 1.900 y 1.850 M.a., que sufrieron deformación y metamorfismo, llegando incluso a formar migmatitas. Al final de la orogenia tiene lugar el emplazamiento de granitos *rapakivi* hacia el sur, ya en fases tardías (1.750-1.725 M.a.).

La provincia Gardar es un conjunto geológico (*figura 20*) que representa una rotura de placa tectónica mediante extensión (*rifting*) y depósito de sedimentos entre 1.350 y 1.120 M.a. en tres etapas:

- 1.350-1.250 M.a.: inicio del *rift* en sentido NE-SO desde Canadá, hasta unos 4.000 km al NE mediante una extensión de la corteza en sentido ortogonal. Todo ello crea un sistema de fallas de gravedad con un surco deposicional subsidente y la sedimentación de unos 3.600 m de espesor de areniscas y lavas basálticas interestratificadas. Las areniscas, con depósitos de hierro rojo, se depositan en un contexto desértico a través de ríos que fluyen en paralelo a la dirección

En los últimos 7 M.a., los periodos glaciares, originados por cambios climáticos globales de origen astronómico, han propiciado la extensión de los hielos polares hasta latitudes de unos 50° N-S y el desplazamiento ecológico de todos los ecosistemas



Figura 22. Imagen del fiordo Tunulliarfik, uno de los tipos paisajísticos más comunes en la costa de Groenlandia. Al fondo se aprecian los relieves sieníticos pertenecientes a la unidad Gardar, situados a cotas que superan los 1.500 m.

del *rift* y que erosionan los granitos del sustrato. Las intrusiones magmáticas supracorticales asociadas son plutones sieníticos de unos 6 x 4 km de extensión situados cerca de Ivittuut, en la zona norte, y dos plutones sieníticos de 10 x 15 km y 7 x 4 km, respectivamente, a ambos lados del fiordo Tunulliarfik (cerca de Narsarsuaq).

- 1.250-1.200 M.a.: en esta etapa sucede el emplazamiento compresivo por inyección de diques básicos tubulares durante cuatro etapas con distintas direcciones estructurales, además de dos pequeñas intrusiones en el *Foreland* de composición poco habitual (granito Ivittuut).
- 1.200-1.120 M.a.: la última etapa compone la mayoría de afloramientos de la provincia Gardar. Se trata de materiales resultado de una intensa actividad magmática somera (cámaras magmáticas de 2 a 5 km de profundidad), de contexto extensivo, que da lugar a diques básicos gigantes de dirección ENE-OSO y tamaños de hasta 25 x 45 km, además de siete intrusiones de sienitas y granito-sienitas. Cada una de las intrusiones es diferente en composición según su historia magmática. Algunas de ellas contienen anomalías geoquímicas consistentes en concentraciones de elementos y minerales raros como

niobio, uranio, tántalo y zirconio. La mayor variedad de minerales se da en la intrusión de Llimausaq (cerca de Narsaq), donde se han descrito hasta 225 especies de minerales, de las cuales 30 han sido definidas por primera vez aquí, y algunas son endémicas a escala mundial. Como ejemplos de estos minerales tenemos los siguientes: aegirina ($\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$); tugtupita ($\text{Na}_4\text{BeAlSi}_4\text{O}_{12}\text{Cl}$), considerada la gema nacional de Groenlandia; sorensenita ($\text{Na}_4\text{SnBe}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$); pachnolita ($\text{NaCaAlF}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$); amazonita (KAlSi_3O_8); y criolita ($\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$).

En cuanto a las unidades geomorfológicas, destacamos, en primer lugar, el sistema de glaciares —*inlandsis* central, glaciares de tipo alpino, circos, etc.— (figura 21) y fiordos producidos por las especiales características climáticas y paleoclimáticas de la región. En los últimos 7 M.a., los periodos glaciares, originados por cambios climáticos globales de origen astronómico, han propiciado la extensión de los hielos polares hasta latitudes de unos 50° N-S y el desplazamiento ecológico de todos los ecosistemas.

Se tiene constancia (Henriksen, 2008) de que Groenlandia posee un *inlandsis* desde hace unos 2,4 M.a. (finales del Plioceno),

aunque algunos investigadores extienden este periodo hasta los 7 M.a. En todo caso, esta capa de hielo ha sufrido oscilaciones importantes tanto en extensión como en espesor. A comienzos del Cuaternario (1,8 M.a.) el *inlandsis* creció y ocupó toda la isla, adentrándose hasta 250 km mar adentro respecto a la línea de costa actual. El último evento de extensión glaciar conocido como “fase Saálica” se verificó entre 400.000 y 130.000 años atrás. En su máxima extensión conocida, entre 200.000 y 150.000 años atrás, el hielo de Groenlandia se adentró de nuevo unos 300 km en el mar y acumuló un mayor espesor en su zona central. En las zonas actuales libres de hielo (litoral) se aprecian los efectos en el paisaje de dicha extensión: fiordos, valles en “U”, etc. Mar adentro, existen cañones submarinos y abanicos deltaicos gigantescos causados por las fusiones posteriores.

El periodo interglaciar siguiente (fase Eémica) duró entre 130.000 y 115.000 años atrás y supuso un incremento de temperaturas de 5 °C por encima de las actuales, lo que provocó un ascenso en el nivel del mar de 50 m, puesto en evidencia por terrazas marinas situadas a esa cota con restos fósiles de especies como *Mytilus sp.*, ligadas a climas templados.

A este periodo interglaciar le siguió un nuevo periodo glacial entre 115.000 y 11.700 años atrás, conocido como "fase Weichselian". En ella, la temperatura llegó a ser hasta 25 °C menor que la actual en los picos de más frío y 5 °C menor en los picos de mayor temperatura. Las tasas de erosión de un glaciar son enormes (2-3 m cada 1.000 años, diez veces mayores de la erosión fluvial, por ejemplo) y depositan sedimentos muy característicos con grandes diferencias de tamaños, muy angulosos, y presencia de bloques aislados de tamaños descomunales.

En todo caso, hubo un avance del hielo hace 21.000 años, que enterró a los *nunataks* situados al SO de la isla, y un periodo de retracción glacial entre 19.000 y 16.000 años atrás con el ascenso del nivel del mar. Las terrazas marinas arenosas con conchas fósiles se sitúan a distintas cotas, fruto de un deshielo parcial acontecido hace 11.700 años. Las cotas donde se sitúan estas terrazas son más altas de lo esperado (pueden llegar hasta 140 m sobre el nivel del mar actual) debido a una pérdida global de 40-50 m en la capa de hielo y el consiguiente ascenso isostático de la isla. Desde 11.700 años atrás hasta la actualidad se han registrado pequeños ciclos de avance-retroceso del *inlandsis*, como hace 11.200 años con un pico de menor temperatura, y 8.000 y 6.000 años atrás con picos de mayor temperatura. Hace unos 3.500 años la temperatura bajó de nuevo y el *inlandsis* se colocó en una posición muy similar a la presente. En el *inlandsis* actual, a 80 m de profundidad, la presión hace que la nieve se transforme en hielo compacto que incluye burbujas de aire y granos de polvo atmosférico, que indican sobre todo la presencia de actividad volcánica a nivel global. Las capas más profundas del *inlandsis* (a unos 3.000 m), tienen una edad estimada de 250.000 años. El estudio de estas burbujas, recuperadas a través de sondeos, resulta de enorme interés para conocer la evolución del clima a través de la relación entre los isótopos de oxígeno ^{18}O y ^{16}O . El ^{18}O corresponde a nieve que se formó en un clima más cálido que el ^{16}O . Estos datos se analizan en los cinco grandes sondeos de 1.400 a 3.085 m

El extremo SO de Groenlandia puede considerarse una región de excepcional interés geológico a escala mundial

de profundidad, efectuados en distintas partes de la isla entre 1966 y 2002.

La segunda unidad de modelado observada corresponde a relieves montañosos, dominantes en el anillo precostero exterior del *inlandsis*. En este anillo, libre de hielo generalmente durante el verano, es posible reconocer diversos relieves de alturas variables (entre 200 y 2.500 m en su mayoría) y perfiles diferenciados según el sustrato rocoso: formas en domo para rocas graníticas y formas de aristas (*horns*) para rocas de mayor consistencia, como cuarcitas o metavulcanitas. Dominan en todo caso los valles glaciares con perfiles en "U", grandes aristas de superficie, lagos glaciares de distinto tamaño y espectaculares sistemas de fiordos (*figura 22*).

Finalmente, tenemos diversos depósitos (sub)actuales correspondientes a tillitas, abanicos aluviales, turberas, terrazas marinas y fluviales y playas. La presencia de sedimentos marinos recientes en terrazas tierra adentro a distintas cotas de hasta 100 m, formados por limos y conchas marinas, demuestran la subida del nivel del mar en épocas más cálidas de fusión de hielos y el ascenso isostático de la isla por descargas de hielo. A estos depósitos se unen otros de origen lacustre con fósiles de plantas que demuestran la existencia de estos periodos cálidos, como el sucedido hace unos 2,3 M.a. En este momento se cree que Groenlandia estaba libre de hielo y habría desarrollado un paisaje de bosques de coníferas en su zona central, bosques caducifolios al sur y tundras en zonas de mayor cota.

Geología económica

La exploración mineral de Groenlandia resulta importante aunque en la

actualidad muchas de las minas han cerrado debido a problemas económicos. Las menas principales existentes son de oro, al sur, grafito y plomo-zinc, al oeste, hierro y rubí-corindón en la zona de Nuuk, esfalerita (ZnS) en dolomías paleozoicas del norte, y arenisca Igaliku (piedra decorativa de la provincia Gardar). Además, existen yacimientos de otras rocas ornamentales y de construcción como mármoles y granitos. También se han explotado minas de uranio cerca de Narsaq, pirita, pirrotina, diamantes y otros elementos de interés (estaño, tántalo, etc.).

La primera mina de Groenlandia (mina Ivittuut) data de 1852 y se mantuvo activa hasta 1987. Explotaba criolita, usada como mena de aluminio para aviación y otros usos tecnológicos. La mina de Ivittuut fue la mayor del mundo de criolita, con 3,7 millones de toneladas y una riqueza del 57%. El cuerpo mineral medía 100 x 200 m en superficie y 60 m de profundidad. La mayor parte de las minas en Groenlandia se cerraron antes de 1990, permaneciendo activas en la actualidad minas de olivino, cerca de Nuuk, y de oro en el extremo sur, en la región de Nanortalik, con leyes de hasta 25 mg/tm y mayores concentraciones en las venas de cuarzo, que pueden contener láminas de 2 mm.

La zona de visita contiene yacimientos de oro y tierras raras (niobio, uranio, torio, tántalo y berilio), ligadas a intrusiones magmáticas de 1.300-1.120 M.a. Las concentraciones de estos elementos llegan hasta 1,4 kg/tm y valores medios de 200-300 g/tm. Además, existen yacimientos de carbón en la zona de Disko, asociados a sedimentos deltaicos de 80 M.a. En cuanto a yacimientos de hidrocarburos, actualmente se están evaluando unas prospecciones llevadas a cabo en mar abierto al oeste de Nuuk. Aunque se estiman unas reservas superiores a 500 millones de m³ de petróleo, sólo podría extraerse entre el 15 y el 50% del total. Las zonas prospectadas corresponden a sedimentos deltaicos del Cretácico-Terciario y se han evaluado mediante perfiles sísmicos y seis sondeos mecánicos.

Interés geoturístico y geodidáctico de la zona

El extremo SO de Groenlandia puede considerarse una región de excepcional interés geológico a escala mundial debido a tres factores: presencia de indicadores para el estudio del cambio climático global, presencia de un amplio y espectacular catálogo de formas de paisaje glaciares y periglaciares (lenguas, circos, morrenas, valles, fiordos, banquisas, *nunataks*, *horns*,

lagos, aristas, tillitas, suelos almohadillados, etc.), ligadas a procesos activos de erosión, transporte y depósito, y presencia de un amplio catálogo de rocas (esencialmente plutónicas) y minerales de gran belleza y rareza. Todo ello compone un escenario único para llevar a cabo actividades de tipo geoturístico (senderismo, rutas fotográficas, etc.) y geodidáctico, donde pueden ser observados y analizados *in situ* multitud

de fenómenos geológicos ligados a la actividad de agentes externos asociados al sistema glacial-periglacial y el análisis de este excepcional catálogo de rocas, minerales y estructuras geológicas. Es por todo ello que dicha zona es altamente recomendable como destino de viaje para profesionales de la geología, profesores, aficionados o simplemente personas interesadas en conocer un lugar especial de interés geológico.

Agradecimientos

Agradecemos a todos los compañeros de la expedición su asistencia y colaboración en este proyecto, y especialmente a Lorenzo Calero, estudiante de Ciencias Ambientales de la Universidad de Málaga, por su entusiasmo y ayuda en la tarea de reconocer y catalogar los múltiples tipos petrológicos y minerales encontrados. Asimismo, agradecemos a la profesora Carmina Salcedo de Lara (Departamento de Lengua y Literatura del IES Nº 1 de Fuengirola) la corrección lingüística del trabajo. También agradecemos a Almudena Durán sus aportaciones sobre historia y sociología de Groenlandia.

Bibliografía

- Henriksen, N. (2008). *Geological history of Greenland*, GEUS, Dinamarca.
- Kvanefjeld Project-Greenland, en: www.ggg.gl/Projects/Kvanefjeld-Project-Greenland.htm
- New Multi-Element Targets and Overall Resource Potential, en: www.ggg.gl/Projects/New-Multi-Element-Targets-and-Overall-Resource-Potential.htm
- Sorensen, H. (2006). *Geological Guide-South Greenland. The Narsarsuaq-Narsaq-Qaqortoq region*, GEUS, Dinamarca.
- Strahler, A. N. (1979). *Geografía física*, Omega.

Promoción especial para el Colegio de Geólogos

miravé
CLÍNICA DENTAL

Servicios gratuitos:

- 1a visita (consulta y revisión)
- Visita revisión
- 1a visita ortodoncia
- Visita de urgencias de ortodoncia
- Visita prótesis
- Fluoración anual
- Fluoración anual infantil
- Radiografías intraorales
- Extracción de puntos de sutura

Servicios por sólo 20 €:

- Extracción dental simple
- Extracción dental temporal
- Visita estomatológica de urgencias de día
- Ortopantomografía
- Higiene dental anual + Revisión + Enseñanza de Higiene Oral (EHO)

Hasta un 20% de descuento: en el resto de tratamientos, en cualquier especialidad.

Todas la especialidades, excelentes profesionales, la última tecnología, trato personalizado.



FINANCIACIÓN A SU MEDIDA

Consulte nuestro Servicio de Atención al Paciente (SAP)

SERVICIO DE URGENCIAS CON PRESENCIA DE DENTISTA 24horas/365días



Miravé Tuset
Tuset, 36 bajos Barcelona 08006
F: 932 172 009

Miravé Travessera
Trav. de Gràcia, 71 bajos Barcelona 08006
F: 932 379 991

Servicio de Atención al Paciente
sap@clinicamirave.es
www.clinicamirave.es
T: 932 176 889

I Curso de Especialista en Geotermia Somera aplicada a la Edificación

Texto | Rafael Varea

Durante las últimas dos décadas, la geotermia de baja entalpía para la climatización de edificios se viene utilizando con éxito en muchos países de Europa (Suecia, Alemania, Austria, Suiza, Italia y Dinamarca), así como en Estados Unidos y Japón. La Tierra absorbe y cede calor, de manera que la temperatura en las capas someras, entre 5 y 100 m de profundidad, se mantiene más o menos homogénea a lo largo del año, con independencia de las condiciones meteorológicas. La geotermia permite obtener frío en verano, calor en invierno y agua caliente sanitaria (ACS), así como agua caliente para procesos industriales; en todos sus usos lo hace con una alta eficiencia energética.

En ese sentido, la aplicación de la energía geotérmica en la construcción es una actividad que está desarrollándose muy rápidamente como una energía limpia y renovable, alternativa a las energías no renovables, y como futuro campo de actividad de los geólogos.

Con las premisas anteriores, el ICOG celebró el I Curso de Especialista en Geotermia Somera aplicada a la Edificación, los días 3, 4 y 5 de noviembre de 2009, en la sede del ICOG, en Madrid. El Curso estuvo organizado y dirigido por Manuel Regueiro, secretario del ICOG, y Rafael Varea, vocal responsable de Política Energética del ICOG.

El Curso estuvo dirigido a profesionales de todo el amplio espectro de los que trabajan en la edificación (geólogos, ingenieros, arquitectos, constructores, etc.) y en él colaboraron el IDAE, el IGME y las empresas Grupo Fourtec, Vaillant, Atlas Copco, Ingeosolum, Tecop, Gerodur, Enerficaz, Energesis, Enertres, Ingeo, Telur, Drill Rent, Edasu S.L., Geoplat y la Asociación de Productores de Energía Renovable.



Rafael Varea, primer plano, durante la moderación del Curso.



Aspecto de la sala.

La inauguración estuvo a cargo del director general del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), José Pedro Calvo, quien consideró un gran acontecimiento que se hiciera este Curso, ya que la apuesta por las energías renovables y la eliminación o limitación de emisiones de CO₂ a la

atmósfera suponen enormes retos de presente y de futuro, en el que los geólogos tienen que estar presentes y poner al servicio de la sociedad sus precisos conocimientos del terreno para poder lograr estos objetivos. El número de inscritos fue de 70 alumnos, de los que asistieron habitualmente 65,

Los contenidos del Curso fueron eminentemente prácticos, sin eludir los fundamentos teóricos del geotermismo, tratando principalmente la aplicación en calefacción, agua caliente sanitaria y aire acondicionado

la mayoría de ellos geólogos, rebasando casi las previsiones del ICOG.

Contenido y profesorado

Los contenidos del Curso fueron eminentemente prácticos, sin eludir los fundamentos teóricos del geotermismo, tratando principalmente la aplicación en calefacción, agua caliente sanitaria y aire acondicionado, tanto en viviendas como en industrias.

El último día, se realizó una visita técnica para ver *in situ* un caso práctico de instalación en un local o nave industrial de una empresa sueca instalada en un polígono industrial cercano a Madrid. Allí se pudieron ver y tocar los elementos reales de los que se hablaron durante el Curso, es decir, los tubos intercambiadores de calor, la bomba de calor y las instalaciones derivadas de los sondeos geotérmicos realizados.

El Curso estuvo impartido por los mejores profesionales de empresas nacionales y extranjeras que se dedican a las energías renovables y, especialmente, a la geotermia somera, como Íñigo Arrizabalaga, de Telur Geotermia y Agua, S.A.; Rüdiger Grim, de GeoENERGIE Konzept-Fourtec; Francisco J. Palacios y Juan Francisco García, del Grupo Fourtec; Juan Franqueza, de Edasu S.L.; Alfredo Fernández, de Ingeo; J. J. Montero, de AVYNTEC; Ignacio Zuloaga, de Ingeosolum; Andreas Langhammer, de GERODUR; Javier



Aspecto de la sala.



Intervención de Carmen López Ocón, del IDAE.

Urchueguía, de la Universidad Politécnica de Valencia y de Energesis; Antonio Maynar, de Vaillant; Roberto Pascual, de Atlas Copco y Girot Geotermia; Pablo López, de Enertries; Goretti Ganzo, de Enerficaz, y Carmen López, del IDAE.

Clausura y conclusiones

El Curso resultó de gran interés para los asistentes y, en el futuro, se continuará con otros cursos y actos para difundir la geotermia somera, que puede ser una importante línea de trabajo para todo el colectivo de los geólogos. Igualmente, esta energía puede servir a la ciudadanía como una energía renovable que permita tener confort ahorrando energía y limitando las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

El acto de clausura estuvo presidido por el vicepresidente del ICOG, José Luis Barrera, quien estuvo acompañado por la jefa del Departamento de Energías Renovables del IDAE (Instituto de Diversificación y Ahorro Energético), Carmen López.

Barrera excusó al presidente del Colegio, Luis Suárez, que era la persona prevista para la clausura. Ambos manifestaron su satisfacción por la realización del I Curso y animaron a que se siguieran celebrando actos y cursos que permitan difundir el geotermismo y especialmente el geotermismo somero, como una realidad que necesita mayor publicidad y difusión en nuestra sociedad.

A todos los asistentes se les entregó un diploma-certificado por su presencia y asistencia al Curso.

Belleza mineral

Las mesas de piedras duras del Museo Nacional de Ciencias Naturales

En función de su dureza, color y brillo, determinadas rocas y minerales han atraído a artistas y artesanos para elaborar composiciones que compiten con las obras pictóricas. Mediante la técnica artística conocida como “trabajo de las piedras duras” (*pietre dure*), que tiene su origen en la Italia del siglo XVI, se elaboraron sofisticados tableros líticos. En este artículo se explica el proceso artesanal de elaboración de estas obras, desde la selección de materiales, hasta el pulido final, pasando por el corte de los fragmentos destinados al ensamblaje ornamental. El Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid conserva un conjunto excepcional de mesas de piedras duras, que mostrará todo su esplendor en la nueva exposición permanente de geología.

TEXTO | Aurelio Nieto Codina, doctor en Geografía, conservador de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC (Madrid); Javier García Guinea, doctor en Geología, profesor de Investigación, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC (Madrid)

Palabras clave

Piedras duras, taracea, mosaico florentino, Museo Nacional de Ciencias Naturales

FOTOGRAFÍAS | Javier García Guinea: 1, 3 y 5; Aurelio Nieto: 2; José Arroyo Galvín: 4; Jesús Juez Antonio: 6, 7 y 8

Desde la más remota antigüedad, con independencia de los diversos grados de dureza, se han empleado las piedras de colores para trabajarlas en forma de sellos, adornos y objetos decorativos. Es en los últimos años cuando se ha impuesto el uso del término “piedras duras” (derivado del italiano *pietre dure*), para hacer referencia a las técnicas artísticas que utilizan minerales y rocas recortadas como materia prima de sus trabajos (González Palacios, 2001; Gisbert, 2002; Chastel, 2004). Esta generalización, aunque tiene el valor de lo expresivo, debe ser matizada, ya que considera materiales de muy diversa naturaleza geológica.

Existe una clara diferencia entre las auténticas piedras duras o semipreciosas, como el ágata, la calcedonia, el jaspe o el lapislázuli, y los materiales más fáciles de trabajar, como el mármol o el yeso. La naturaleza silíceo de las auténticas piedras duras se suele corresponder con una dureza de 7 en la escala de Mohs. En contraposición, las *pietre tenere*, o piedras blandas, se incluyen en una categoría de menor dureza, como corresponde a materiales calcáreos

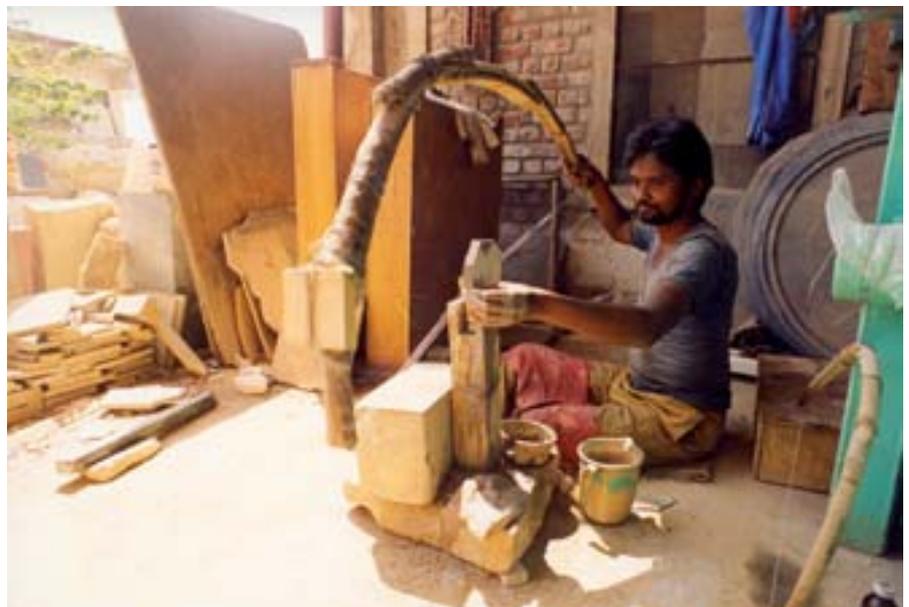


Figura 1. Taller de piedras duras en la India.

(mármoles, alabastro) o materiales orgánicos como pueden ser el coral o el nácar. El trabajo en forma de mosaicos utilizando rocas y minerales para elaborar tableros de mesa, placas y cuarterones tiene sus orígenes en la Italia del siglo XVI; es en este momento cuando se establecen unos modos de trabajo que,

con ligeras variaciones, llegan a la actualidad.

En los siguientes epígrafes se realiza un pequeño recorrido histórico por la técnica de las piedras duras y el proceso de elaboración de un tablero lítico, desde la selección de la materia prima, hasta el

acabado final, teniendo como referencia los ejemplos conservados en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Estas cinco mesas son objeto de una nueva presentación en el Museo, con motivo de la reordenación de la exposición permanente en la sección de Geología.

En los orígenes italianos del trabajo de las piedras duras

El trabajo de las piedras duras tiene ejemplos de singular belleza en las civilizaciones egipcia, griega y romana, pero nos interesa sobre todo incidir en el renacer de estas técnicas acaecido en la Italia del siglo XVI, un momento en el que la Antigüedad clásica se presenta a sus contemporáneos como un modelo a imitar. La recuperación de antiguas técnicas artísticas produjo una lógica demanda de grandes cantidades de materiales pétreos; en este sentido, los encargos tuvieron que satisfacerse no sólo con las canteras del país, sino también se tuvo que recurrir al expolio de los yacimientos arqueológicos grecorromanos. No es extraño, por tanto, que el renacimiento de la marquetería lítica se produzca en Roma, ya que tenía las ruinas y los mármoles antiguos a simple vista. A pesar de la importancia de esta ciudad, el primer gran taller dedicado a elaborar tableros de piedras duras lo funda Fernando I de Médici en Florencia, en 1588: el Opificio delle Pietre Dure, una institución que ha perdurado hasta nuestros días.

En sus orígenes, el Opificio era un taller de artesanos; hoy en día es un instituto de restauración que entre sus organismos cuenta con un museo dedicado a nuestro tema, reordenado en 1995 por Anna Maria Giusti, siguiendo un criterio temático. El museo documenta la producción en el periodo granducal, primero bajo la supervisión de la casa Médici y, posteriormente, en el siglo XVIII, por los Habsburgo-Lorena, sin olvidar los trabajos realizados durante el siglo XIX. Una sala completa se dedica a las técnicas de trabajo, presentando muestrarios de lapidarios, recreando la actividad en los bancos de trabajo, exponiendo instrumentos históricos y realizando demostraciones didácticas de embutido

La recuperación de antiguas técnicas artísticas produjo una lógica demanda de grandes cantidades de materiales pétreos

y talla de piedras duras (www.opificiodellepietredure.it).

En el siglo XVI, los talleres renacentistas de Milán, Florencia y Roma no sólo realizaban tableros con piedras embutidas mediante taracea o intarsia lítica, también se especializaron en jarrones, jarras, bandejas, cuencos y otros objetos tridimensionales. De todos modos, las obras más elaboradas eran las mesas decoradas con láminas de piedras taraceadas (el llamado "mosaico florentino"), muy apreciadas por los gobernantes y los reyes durante toda la época moderna. Las mesas representan sofisticados diseños geométricos, combinados a veces con motivos vegetales, zoomorfos y trofeos militares, así como también espléndidas composiciones pictóricas, siguiendo los modelos del gusto clásico. La riqueza y variedad de estos ejemplares se observa en las cinco mesas conservadas en el Museo Nacional de Ciencias Naturales que comentaremos en detalle más adelante. Además, son testimonio de las intensas relaciones comerciales y artísticas entre España e Italia, consecuencia de los lazos dinásticos de la monarquía hispana con las familias que regentaban las cortes italianas.

Ya en los siglos XVIII y XIX, los borbones españoles mostraron su pasión por este tipo de trabajos líticos, no sólo comprando piezas en suelo italiano, ya que durante un periodo de tiempo existió en Madrid un taller que, aunque brevemente, también realizó mesas al estilo itálico. Cuando el futuro Carlos III se proclama rey de Nápoles en 1734, no duda en fundar en esta ciudad un laboratorio de piedras duras

a cargo de artesanos florentinos; años más tarde, sin detrimento de lo realizado en Italia, crea, en 1762, en Madrid, el Real Laboratorio de Piedras Duras del Buen Retiro. El desarrollo de este taller fue obra de los maestros florentinos Domingo Stecchi y Francisco Poggeti, que fueron los primeros directores del mismo. Desgraciadamente, el taller fue clausurado en 1808 tras la invasión napoleónica. Es cierto que la mayor parte del material empleado en la producción madrileña, tanto en lo referente a la materia prima como al material de carácter técnico (diamantes para cortes, esmeril para pulido), procedía de Italia. Aun así, se trató de buscar diferentes tipos de piedras para estos trabajos, investigando y haciendo prospecciones en las vetas españolas. Alguna de éstas, como el brocatel de la zona de Tarragona, ya contaba con una amplia tradición en la exportación relacionada con la demanda de materia base para obras artísticas.

Los encargos realizados por las cortes y la nobleza europeas son reflejo de un deseo de lujo y ostentación, una manifestación visual de prestigio que buscaba la suntuosidad pétrea, en muchas ocasiones valorándose por encima del encargo de cuadros y frescos, ya que se consideraba que las producciones en piedras duras eran "la más duradera pintura que pueda existir" (Chastel, 2004: 64). En este sentido, también se estableció una relación entre estas obras y la aspiración de los comitentes a la inmortalidad, las taraceas con materiales casi inalterables prolongaban de manera indeleble la memoria de unos mecenas que aspiraban a ser recordados por su buen gusto estético. Según los estudiosos del tema, la obra que mejor ejemplifica las afirmaciones anteriores es la famosa capilla de los Príncipes en la iglesia de San Lorenzo de Florencia. Se olvidan otros ejemplos que también materializan estos sueños de perennidad, como la cripta de pórfido de El Escorial, o la capilla del Crucifijo en la catedral de Monreale (Sicilia). En este último caso, los artistas (empleando una técnica conocida como mármoles *a mischio*) alcanzaron una de las cumbres artísticas del Seicento; se trata en una construcción en la que los



Figura 2. Tapa de caja realizada con piedras duras.



Figura 3. Ruina del molino del río Guadarrama (arriba) y restos de material cortado (abajo).

mármoles taraceados llegan incluso a tener relieve. Los artífices sicilianos alcanzaron un hito en el trabajo de las piedras duras consiguiendo una obra que valora lo tridimensional (Napoletano, 2003).

La tradición del trabajo de las piedras duras se mantiene aún hoy en Florencia. En España se perdió al tiempo que en la Guerra de Independencia se destruían las instalaciones del Buen Retiro. Curiosamente, es en la India donde todavía se conserva una forma de artesanía de raíces europeas que ha sido inteligentemente adaptada a las tradiciones asiáticas de origen mogol. En efecto, en ciudades como Delhi y Agra hoy se mantienen activos talleres que elaboran objetos de vistosa presencia a unos precios muy competitivos en el mercado internacional, gracias a que se dispone de una mano de obra especializada que trabaja con bajos salarios (figura 1).

Las técnicas que utilizan son similares a las que había en la Florencia renacentista, no olvidemos que los primeros artesanos indios que en el siglo XVII realizaron taraceas líticas eran de procedencia italiana. El ejemplo hindú ornamentado con piedras embutidas más famoso es el mausoleo Taj Mahal, revestido de mármoles y piedras semipreciosas que repiten motivos decorativos fitomorfos. Este peculiar estilo de filigrana vegetal también aparece en

pequeños objetos de uso más cotidiano, como la tapa de caja que exponemos en la figura 2. En este trabajo se disponen para la composición de sodalitas, malaquitas, jade, nácar, mármol blanco e incluso vidrios coloreados.

El proceso de elaboración de un tablero de piedras duras

Antes de llegar los materiales al obrador en el que se elaboran las piezas artísticas, existe un trabajo previo de prospección y búsqueda de rocas y minerales, al tiempo que se precisa un taller de lapidación o serrería para cortar los bloques de piedra traídos desde el yacimiento.

En el río Guadarrama de Madrid, en el tramo comprendido en el valle del Gasco, se han localizado los restos de uno de estos antiguos molinos, o serrerías de mármoles, muy completo, ya que dispone de todos los elementos típicos de un establecimiento de estas características. En el entorno, también se conservan restos de los cortes realizados en el molino (figura 3). A pesar de su singularidad, apenas hay referencias al mismo en la bibliografía especializada (García Guinea *et al.*, 1999). El doble recodo-meandro que describe el río define una plataforma natural perfecta para el emplazamiento de un azud y una aceña, es decir, una presa que provee de energía hidráulica al molino. El canal de acometida de aguas dispone de válvula de entrada, válvula reguladora

En el río Guadarrama de Madrid se han localizado los restos de un antiguo molino, o serrerías de mármoles, que dispone de todos los elementos típicos para trabajar

intermedia y un pozo dispuesto para alojar una rueda hidráulica (figura 4). El pozo conserva una sillería perfecta en la embocadura del túnel de salida y en el desnivel de entrada de agua a la rueda, aunque parcialmente relleno de piedras caídas y vegetación. La salida de aguas hacia el río Guadarrama tiene lugar por debajo de un arco de sillería granítica, aunque ahora está parcialmente taponado por sedimentos fluviales, desplomes de piedras en el fondo del muro y un murete de mampostería posterior que debieron construir para habilitar el hueco como refugio. La nave donde se realizaría el serrado tiene una planta de 22x15 m, conservándose bloques de mármol traídos de lejos, ya que por su naturaleza son

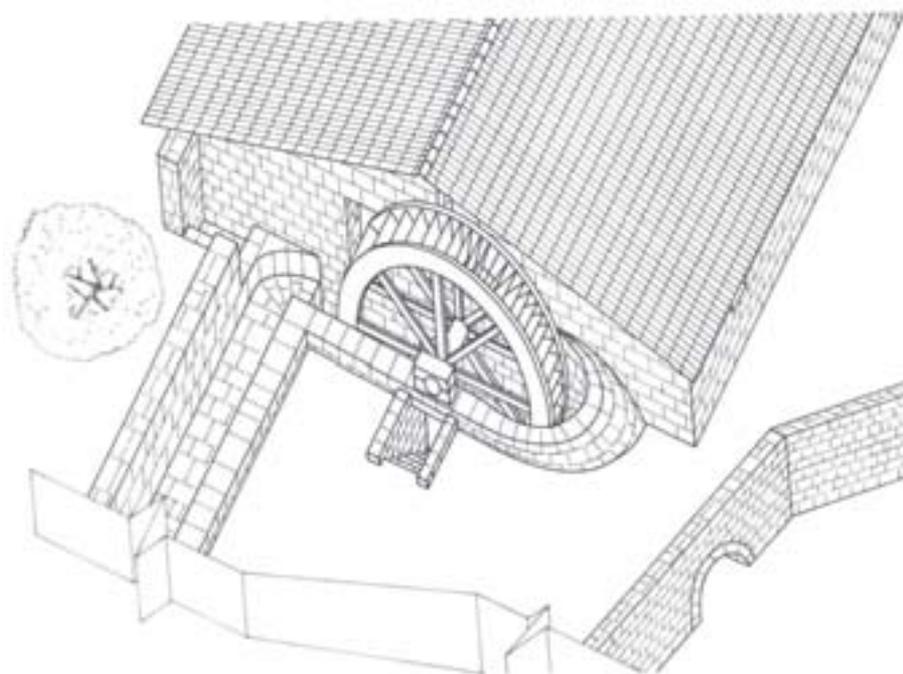


Figura 4. Dibujo del molino de aserrar piedras duras en el río Guadarrama.

ajenos al entorno granítico (figura 5). El abrasivo empleado debió de ser la propia arena de cuarzo del río, de acuerdo con el análisis de las estrías de corte conservadas en los mármoles. Aunque el techo se ha desplomado, se conservan bien los muros perimetrales de mampostería y los dinteles monolíticos; probablemente este molino tuvo actividad desde el siglo XVI. Se ha propuesto un proyecto de acondicionamiento de tan singular espacio por la riqueza de sus valores naturales, culturales e históricos, pero hasta el momento las instituciones públicas no han mostrado ningún interés al respecto (García Guinea *et al.*, 1999; 251-252).

Una vez cortadas las piedras se trasladan al laboratorio donde se realiza el "mosaico florentino", un proceso artesanal que deriva del *opus sectile* romano (piedras encajadas unas en otras), y se define por la precisión tanto en el corte de las piedras como en la unión de los fragmentos seleccionados. Las piedras bien recortadas se embuten sobre una base lítica rehundida al efecto, un proceso artesanal similar a la taracea empleada en ebanistería o marquertería. La base de trabajo de la "taracea" en piedra es una pintura original realizada al óleo o en acuarela sobre papel, modelo sobre el que se asienta la labor de taraceado; de todos modos, el resultado final no es

una transposición literal del boceto, ya que los efectos de sombras, matices y claroscuro en piedra tienen su propia dinámica. El artesano interpreta de manera sugestiva el bosquejo original. Posteriormente, el maestro ejecuta un nuevo dibujo en el que se marcan, como polígonos cerrados, las diferentes secciones que se deben trazar y que se corresponderán con cada una de las piedras cortadas.

Las arduas tareas de talla y corte de piedra se suelen dividir entre varios artesanos para reducir los tiempos de producción, que aun así implican largos periodos de trabajo. Por ejemplo, "11 empleados tardaron 18 años en acabar algunas de las mesas del museo de los Uffizi" (Giusti, 2006: 253).

El siguiente paso de la elaboración es muy delicado. Consiste en la selección de fragmentos de roca y pedazos serrados que por su grosor, tamaño y color se adapten a la plasticidad de la obra que se va a ejecutar. Sobre la piedra seleccionada se pega el trozo de papel recortado del dibujo realizado al inicio del proceso, se procede después al cortado con una sierra de arco y la ayuda de polvo de roca abrasiva. Si el fragmento es delicado o muy fino, y para evitar posibles roturas, se protege con un revestido en un bloque de pizarra que actúa de fijación.



Figura 5. Bloque de mármol abandonado en el molino del río Guadarrama.

Las herramientas para estos trabajos no son especialmente sofisticadas, se confía sobre todo en la experiencia y la habilidad de los artesanos, como el obrero indio de la figura 1, que trabaja del mismo modo que hace 500 años. Los elementos básicos son un torno ajustado a un banco de madera, para que el fragmento lítico se mantenga en posición vertical durante el serrado, y una sierra de alambre de hierro enhebrada en un arco de madera de castaño. Cada pasada de la sierra se corresponde con la aplicación mediante una espátula de esmeril o polvo abrasivo (fina arena de río rica en cuarzo); el movimiento combinado permite que la piedra sea cortada con el perfil predeterminado. Para el fragmento o bloque que sirve de base el proceso es similar: un taladro metálico mezclado con el abrasivo sirve para hacer el hueco sobre el que se incrustará el fragmento recortado. No hay que insistir en la precisión que se requiere en los cortes para que finalmente todas las piezas encajen como en un puzle; en este sentido, las lijas y los abrasivos desempeñan un papel importante en el trabajo de rebaje de los bordes, sobre todo para los trozos que presenten problemas al encajar. Al mismo tiempo, se deben rebajar todas las piezas por el reverso, buscando que tengan el mismo grosor, para que así ajusten sin problemas en la pieza base. Esta labor se realiza incrustando las piezas provisionalmente en un bloque de escayola.

Los trozos taraceados están listos para ser embutidos. Para mejorar la adherencia se emplean pegamentos naturales a base de cera y resinas. Presionando y aplicando calor se lograba la perfecta unión y nivelado de las piezas. Al llegar a este momento del proceso, el aspecto del conjunto es aún opaco, y para obtener una obra visualmente óptima se debe proceder a un pulido final. Mediante esta operación se consigue la luminosidad y la brillantez

tan atractiva de estas obras cuando están acabadas; se emplean en esta labor bloques de calcedonia y láminas de plomo humedecidas con abrasivos que eliminan la microporosidad de las piedras trabajadas.

Al explicar este proceso técnico hemos señalado la importancia que tiene la selección de los materiales, pero en pocas ocasiones se han analizado de manera sistemática con técnicas modernas los ejemplares históricos para delimitar los minerales y rocas empleados en su elaboración. García Guinea *et al.* (2000: 368), partiendo de difracciones de rayos X y observaciones realizadas sobre mesas del Museo del Prado, mármoles del molino del Gasco (Madrid) y muestras del Museo Nacional de Ciencias Naturales, ha establecido una tabla de composición mineralógica mediante una metodología semicuantitativa. Los resultados obtenidos establecen los siguientes grupos en orden de importancia:

1. Rocas carbonatadas, con muestras que oscilan entre una presencia de calcita al 100%, hasta muestras que combinan un 78% de calcita y un 22% de dolomita, o un 99% de calcita y un 1% de cuarzo.
2. Serpentina, sobre todo en su variedad antigorita; en algún caso pennita.
3. Rocas volcánicas de Nápoles y Sicilia, con muestras que presentan un 63% de leucita en unos casos y 37% de augita en otros.
4. Rocas del grupo de la sílice como diatomitas, radiolaritas, jaspe hidrotermal y amatista.
5. Diversos tipos de piedras, en escasa proporción, como variscita, olivino, malaquita, lapislázuli, coral rojo, esmeralda e incluso vidrios artificiales.

Las mesas de piedras duras en el Museo Nacional de Ciencias Naturales

EL MNCN conserva cinco mesas del siglo XVIII que son un magnífico testimonio de cómo durante la Ilustración se buscaba una síntesis entre arte, ciencia y técnica. Cuatro tableros de mesa fueron realizados con piedra de lava recogida en Nápoles y Sicilia, mientras que el quinto ejemplar es un atípico muestrario de mármoles italianos antiguos colocados en una cuadrícula. Los tableros de



Figura 6. Mesa de piedras duras del Museo Nacional de Ciencias Naturales.



Figura 7. Mesa de piedras duras del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

piedra volcánica fueron realizados en Nápoles en 1759 en el taller promovido por el futuro Carlos III de España; probablemente su artífice fue Giovanni Atticciati. Tres son de perfil con forma mixtilínea y uno de perfil rectangular; todas tienen en común la decoración con entrelazos que componen óvalos y polígonos curvos (figura 6). Los efectos geométricos se logran con lavas de diferentes tonalidades y mármoles modernos de los tipos conocidos como *verde antico*, *giallo antico*, *rosso antico*, *palombara* y *portasanta*. Estos términos se explican más adelante a modo de glosario terminológico.

La mesa que presentamos en la figura 7 es la que tiene la decoración geométrica más compleja. Presenta un motivo central en forma de estrella que va generando rombos; éstos aumentan de tamaño y se van ampliando según avanzan hacia el borde. La singular elegancia de estos tableros ha sido puesta de manifiesto por el especialista Alvar González-Palacios, insistiendo en el particular aprecio que tenía Carlos III por el conjunto. Cuando el Borbón vino como monarca a España, no dudó en traerlos entre su equipaje.

Muy distinta es la procedencia del tablero elaborado con muestras de mármoles antiguos, conocido tradicionalmente como "la mesa de los elementos" (figura 8). No proviene de Nápoles, se manufacturó en Roma, en la segunda mitad del siglo XVIII. Un tal Minelli o Vinelli fue el artífice de la misma. Presenta una forma rectangular, compuesta por 72 muestras de mármoles numerados en filetes blancos, y como acabado muestra un borde en forma de pecho de paloma realizado en *verde antico*. La curiosa estructura de esta mesa ha llevado a preguntarse por la funcionalidad de la misma, tal vez tuviese un uso pedagógico al que no es ajena su actual presencia en el MNCN. Lo cierto es que este tipo de obras eran muy valoradas por los coleccionistas del siglo XVIII, es decir, tienen un valor per se como piezas de colección, al margen de otros usos. A pesar de ello se conservan muy pocas. En España, ésta es la única documentada. Hay otros ejemplos en las colecciones británicas y recientemente la casa de subastas Christie's presentó en el mercado del arte uno de estos tableros, aunque ha sido transformado y el tablero original es ahora un *cabinet*.



Figura 8. La mesa de los elementos, un tablero elaborado con mármoles antiguos. Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Los muestrarios de mármoles de colores se pusieron de moda en los gabinetes de los coleccionistas dieciochescos, siguiendo una tendencia inaugurada por el monarca Luis XIV de Francia. Los marmolistas romanos fueron los que se especializaron en cubrir esta demanda. Todos los datos ofrecidos en este punto proceden de las investigaciones realizadas por Alvar González Palacios (2001) en los archivos nacionales. Muy curiosa es la forma en que llegó el tablero al Museo, ya que procede del cargamento del barco inglés *Westmoreland*, obligado por un barco francés a entrar en el puerto de Málaga en 1778 y vender sus mercancías. Es en ese momento cuando se destina al Gabinete de Ciencias Naturales de Madrid, junto a otras muestras de piedras, petrificaciones y lavas del Vesubio.

En resumen, la singularidad de este grupo de mesas, junto a otros conjuntos conservados en el Museo del Prado, el Museo de Artes Decorativas, el Museo Naval, el Palacio Real y el Instituto Valencia de Don Juan, hacen de Madrid un lugar excepcional para el estudio de la taracea lítica y el mosaico de piedras duras. A partir de 2010, las mesas del MNCN dispondrán de una nueva presentación museográfica dentro de la colección permanente, pensada para realzar sus valores estéticos, históricos y geológicos.

Vocabulario

- **Verde antico:** roca de fondo verde claro con manchas de formas variadas en color blanco, blanco verdoso y verde oscuro. Procede de Tesalia (Grecia). Se empezó a usar en Roma en el siglo II, y era uno de los mármoles más apreciados y caros, tal

y como se menciona en el edicto de precios del emperador Diocleciano.

- **Giallo antico:** mármol simple de grano fino, de fondo anaranjado rojizo; sus variaciones cromáticas van del amarillo al amarillo rojizo; tiene inclusiones blanco, gris y finas venas rojizas. Sus vetas se encuentran en Túnez. Simbólicamente, por su color se asocia al oro, la riqueza, utilizado desde la época de los cartagineses. Empleado sobre todo para los pavimentos.
- **Rosso antico:** rojo púrpura o rojo oscuro en un mármol de grano finísimo, con líneas sutiles casi imperceptibles negras y venas blancas. Originario del cabo Tenario (Grecia), utilizado en Roma desde el siglo I a.C. Identificado con el poder imperial por su tonalidad púrpura, simbología que se mantuvo en tiempos del imperio bizantino.
- **Palombino:** mármol blanco o blanquecino de grano fino utilizado en los entrelazos a modo de cintas; es una de las variedades más típicas del mármol, con yacimientos muy conocidos tanto en España (Macael en Almería) como en Italia (Carrara).
- **Palombara:** se trata de un alabastro cuyo fondo es de color marrón claro o amarillento, con estrías de diferentes tamaños y tonalidades de marrones claros y oscuros. Posiblemente tiene su origen en Asia Menor. Su nombre deriva del conde de Palombara, aristócrata alquimista del siglo XVII, confidente de la reina Cristina de Suecia.
- **Portasanta:** mármol de fondo blanquecino con una red de venas anaranjadas, rojo oscuro y blanco. De origen chipriota, su nombre deriva de la Puerta Santa de la basílica de San Pedro, se empleó en la Roma antigua desde tiempos republicanos.

Bibliografía

- Aguiló Alonso, M. P. (1996). Mesas de piedras duras en el Museo del Prado, *Antiquaria*, 142: 28-34.
- Chastel, A. (2004). Piedras duras de Toscana, *FMR*, 77, 61-87.
- Gallo Colonna, G. (1997). Incrustaciones de piedras duras y estucos coloreados, en Maltese, C., *Las técnicas artísticas*, Cátedra, Barcelona, 349-355.
- García Guinea, J.; Escorza, C. M.; Harffy, M. y Vicente-Sánchez, J. (1999). Protection and recreational use of a natural-historic area: the King Carlos III Museum Project, *Natural Areas*, 19-3, 245-253.
- García Guinea, J.; Sapalski, C. y Cardenesa, V. (2000). Mineral inlays in natural stone slabs: techniques, materials and preservation, *Construction and Building Materials*, 14, 365-373.
- Gisbert, M^a I. (2002). Vocabulario de mármoles arqueológicos en las mesas de piedras duras del Museo del Prado, *Boletín del Museo del Prado*, 38, 111-128.
- Giusti, A. M^a (2003). *Etemita e nobilita di materia. Itinerario artistico fra le pietre policrome*, Polistampa, Florencia, 270 pp.
- Giusti, A. M^a (2006). *Pietre Dure and the Art of Florentine Inlay*, Thames & Hudson, Londres, 264 pp.
- González-Palacios, A. (1993). Ilusiones de piedra. Piedras duras del Prado, *FMR*, 1, 76-102.
- González-Palacios, A. (2001). *Las colecciones reales españolas de mosaicos y piedras duras*, Catálogo, Museo Nacional del Prado, Madrid, 355 pp.
- Napoleone, C. (2003). Cristo entre mármoles. La capilla del crucifijo en la catedral de Monreale, *FMR*, 73, 65-98.
- Pérez Villamil, G. (1904). *Artes e industrias del Buen Retiro. La Fábrica de China. El Real Laboratorio de Piedras Duras y Mosaico. Obradores de bronce y marfiles*, Ed. Tipógrafos Sucesores de Rivadeneyra, Madrid.

¡Láncese al campo!

Plantas silvestres comestibles

En torno a los campos de cultivo, como malas hierbas en las lindes, setos, herbazales o en linderos de bosques, aparecen muchas plantas que se han utilizado como recurso alimenticio desde la antigüedad. Herencia del afán recolector de nuestros ancestros, fuente de calorías y aportes vitamínicos, estas plantas siguen recolectándose y formando parte de la dieta actual de mucha gente de campo. Hoy en día se recogen en muchos casos por puro placer, pero no debe olvidarse que han sido un recurso importante en tiempos de necesidad y hambrunas. Se trata de vegetales frecuentes en nuestros campos, adaptados al clima local, que están siempre disponibles para ser utilizados.

TEXTO | María Molina, licenciada en Ciencias Biológicas, IMIDRA; Ramón Morales, doctor en Ciencias Biológicas, Real Jardín Botánico, CSIC; Manuel Pardo de Santayana, doctor en Ciencias Biológicas, UAM; Javier Tardío, doctor ingeniero agrónomo, IMIDRA

Palabras clave

Plantas silvestres, verduras, frutos, condimentos

FOTOGRAFÍAS | Javier Tardío

El consumo de verduras y frutos silvestres ha sido y sigue siendo una práctica relativamente extendida dentro de la población rural española. La recolección de estos alimentos no cultivados lleva consigo un conocimiento en muchos casos ancestral, heredado por vía oral, que es parte del patrimonio cultural de los pueblos.

En el momento actual, la sociedad vive en general momentos de total desinterés por muchas de las antiguas tradiciones que hoy se consideran trasnochadas, lo que ha ocasionado la pérdida de estos conocimientos. Ello nos ha movido a realizar trabajos de recopilación y documentación de dichos saberes populares que, por otro lado, pueden resultar de suma utilidad cuando haya desaparecido toda una generación depositaria de ellos. Sin embargo, al mismo tiempo se observa un creciente interés por algunas tradiciones culinarias que se consideran seña de identidad, como ciertos platos típicos de interés local o regional, entre los que se incluyen algunos de estos, tantas veces denostados, alimentos.

Para el aprovechamiento de estas plantas, desde la actividad recolectora hasta su



Figura 1. Braojos, pueblo de Madrid, con un zarzal en primer plano, de donde se recolectan en otoño moras; un herbazal donde se pueden encontrar verduras variadas a finales de invierno y en primavera; una franja de robledal de Quercus pyrenaica, donde se puede encontrar orégano y algún espárrago (Ornithogalum pyrenaicum), y el pueblo. Al fondo, la sierra con los pinares y robledales, en cuyos arroyos se encuentran corujas y berros.

consumo, son precisos toda una serie de conocimientos. Un buen recolector debe saber reconocer perfectamente la planta, el lugar donde vive ésta y en dónde se puede encontrar (figura 1), el periodo del año en que ha de recogerse, así como el modo de preparación y la manera de consumo, bien crudas en ensalada, hervidas o como acompañamiento de otras viandas.

El gusto por su recolección proviene probablemente de un instinto ancestral en los humanos, el mismo que en cierto modo se presenta en los cazadores o pescadores deportivos. Además de ello, se recuerdan sabores de infancia, cuando se comían estas hierbas o frutos con más frecuencia. Otra razón podría ser el gusto por sabores diferentes a los más frecuentes. Hay que



Figura 2. El berro (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) se recoge en aguas limpias antes de que florezca, a comienzos de primavera. Se come crudo en ensalada y tiene un sabor ligeramente picante.



Figura 3. Las collejas son los brotes y primeras hojas de la especie *Silene vulgaris*, que se consumen cocinadas o crudas en ensalada. Se recolectan a finales de invierno o en primavera.

tener en cuenta que a lo largo del año apenas tomamos ocho o diez verduras distintas, cuyo sabor es de sobra conocido.

Gracias a varios proyectos financiados por la Comunidad de Madrid y otro reciente financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, realizados desde 1999 hasta la actualidad, se ha avanzado sustancialmente en el conocimiento de las plantas silvestres comestibles de uso tradicional. Además, nuestro grupo de trabajo ha participado en la elaboración de cuatro tesis doctorales que se han hecho en España y Portugal sobre etnobotánica. Con todo ello, se ha profundizado en el conocimiento de las plantas que se usan para este menester en Madrid, Cantabria, Asturias y el norte de

Portugal. Desde nuestra experiencia de campo abordamos la recopilación y análisis de toda la información sobre el tema, contenida en todos los estudios etnobotánicos que se han ido realizando en España en los últimos años. Disponemos así de una base de datos con información sobre más de 450 especies de uso alimentario tradicional.

Los trabajos de campo que se han llevado a cabo aúnan dos tipos de conocimientos. Por una parte es necesario conocer las plantas que se utilizan y determinar a qué especies corresponden, para lo que es imprescindible tener conocimientos de botánica. También se trata con personas que conocen las plantas que usan y están dispuestas a mostrarte todo lo que saben, referente a cuándo, dónde y cómo las recolectan, además de cómo las preparan para comerlas. La obtención de toda esa información se consigue mediante entrevistas que, en general, se llevan a cabo paseando por el campo con los informantes para poder observar las plantas objeto de estudio. Estos trabajos han de realizarse en la época apropiada del año, porque muchas plantas en flor tienen un aspecto bien diferente del que presentan en el momento de consumo, que es lo que ocurre en la gran mayoría de las verduras. Por todo ello, es necesario saber reconocer el aspecto de las plantas en estado vegetativo, incluso nada



Figura 4. Hojas de la colleja.

Los trabajos han de realizarse en la época apropiada del año, porque muchas plantas en flor tienen un aspecto bien diferente del que presentan en el momento de consumo

más brotar, como en el caso de muchos espárragos. Es importante recoger una muestra de la planta en cuestión para hacer un pliego de herbario que sirva de testigo y refrende la determinación botánica de la especie y que ha de ser depositado en un centro público de investigación. En el caso de los frutos silvestres ocurre lo contrario. Hay que esperar a que las plantas hayan completado su ciclo vegetativo y estén fructificadas a finales de verano o en otoño. Algunos de ellos se recogen incluso después de las primeras heladas, que provocan una sobremaduración de los frutos por la acción de las bajas temperaturas y permiten que el fruto pueda ser consumido.

Las diferentes especies consumidas

Tradicionalmente, en España se conocen estas especies como silvestres comestibles y se agrupan en los siguientes cinco grupos: verduras, frutos, plantas usadas como condimento, plantas empleadas en la elaboración de infusiones o licores y plantas para otros usos alimenticios.

Verduras

Popularmente, el término verdura engloba comunmente a aquellas plantas cuya parte comestible son los órganos verdes. En la mayoría de los casos se trata de las hojas basales tiernas de ciertas plantas, en general en la primera fase de crecimiento, o la planta en estado vegetativo, o sea, sin florecer. Se suelen recolectar a finales de invierno o en primavera. Quién no ha oído



Figura 5. El cardillo (*Scolymus hispanicus*) es una verdura sabrosísima, que se recolecta sobre todo en abril en los campos baldíos. Se puede añadir al cocido o tomarse sola o en tortilla.

El término verdura engloba en general a aquellas plantas cuya parte comestible son los órganos verdes, o la planta en estado vegetativo, o sea, sin florecer

vulgaris) (figuras 3 y 4) son las hojas tiernas de una especie perteneciente a la familia del clavel. Se pueden comer crudas en ensalada, pero lo más habitual es consumirlas cocinadas en revuelto o en tortilla. A veces también se añaden al potaje. Es una de las verduras silvestres más apreciadas, junto con el cardillo (*Scolymus hispanicus*) (figuras 5 y 6). De éste se recolectan las hojas basales, que se disponen en roseta a partir de una raíz pivotante. Dicha roseta se suele cortar a ras del suelo, procurando que salga entera. Luego se pelan las hojas, pasando los dedos hacia fuera para quitar la parte espinosa de la hoja y dejar solamente las pencas, o sea, el nervio central, que es lo que se come. Se cuecen y posteriormente se sofríen con algo de ajo o jamón. Era tradicional comerlas como acompañamiento de los garbanzos en el cocido y también se preparan en revueltos o en tortilla. De cualquiera de las maneras resulta una verdura exquisita. Las acelgas silvestres (*Beta maritima*) (figura 7) son mucho más finas que las acelgas de huerta (*Beta vulgaris*). Sus hojas cocidas y aliñadas o rehogadas resultan muy apetitosas. Otra verdura de calidad son los alcauces. Se trata de las hojas basales de los chupamieles (*Anchusa azurea*), de la familia de la borraja. Tienen un sabor suave y delicado, aunque si no se hierven bien, resultan algo ásperos al tacto en la boca. Los ajoporros (*Allium ampeloprasum*) (figura 8), que son los antecesores silvestres de los puerros, se suelen recolectar a finales de invierno o en primavera, cuando tienen ya las

hablar de los berros, las collejas o los cardillos, además de otras de uso menos frecuente.

Los berros (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) (figura 2) son plantas acuáticas, cuyas hojas sobresalen del agua. Esta planta suele vivir en riachuelos y es recomendable recolectarla en aguas limpias, en primavera, antes de que florezca. Se toma como ensalada y tiene un sabor

ligeramente picante, que resulta muy fuerte cuando ya está florecida. Es rica en vitamina C y en minerales. Las corujas o pamplinas de agua (*Montia fontana*) son también unas plantitas acuáticas, muy pequeñas, que viven en cursos de agua clara, formando unos céspedes flotantes. Hay que recolectarlas también antes de que florezcan, cortando la parte superior. Tienen un sabor delicado y sabroso a la vez. Las collejas o conejuetas (*Silene*



Figura 6. Rosetas de cardillo.



Figura 7. La acelga silvestre (*Beta maritima*) es una verdura de riquísimo gusto. Sus hojas tiernas se recolectan a finales de invierno y a comienzos de primavera. Se toman rehogadas en revuelto o hervidas y aliñadas.



Figura 8. El ajoporro (*Allium ampeloprasum*) se recolecta en primavera, antes de que se desarrollen los bulbillos secundarios. Se suele encontrar en terrenos baldíos o ribazos. Se consumen crudos o en ensalada, hervidos o en tortilla.



Figura 9. Los espárragos trigueros (*Asparagus acutifolius*) se llaman así porque eran frecuentes en los trigales. Se cocinan como verdura o se toman en tortilla. También se pueden comer crudos.

Otra verdura de calidad son los alcauces, de la familia de la borraja, de sabor suave y delicado, aunque si no se hierven bien, resultan algo ásperos al tacto en la boca

primeras hojas y se reconocen fácilmente, además de haber alcanzado un tamaño razonable para su consumo. Se podría decir que tienen un sabor intermedio entre el ajo y la cebolla, y si se toman crudos, preparados en ensalada, dicho sabor perdura mucho tiempo. Se pueden tomar también hervidos y en tortilla o asados, o incluso conservados en vinagre. El alcarcil silvestre (*Cynara humilis*) es una especie de alcachofa silvestre, con espinas en su cabezuela, pero muy sabrosa. Se consume sobre todo en el sur de España. Un caso curioso es el de la recolección de los capullos florales de la alcaparra (*Capparis spinosa*), especie reptante que vive en las regiones litorales del sur de España, y que son recolectados para luego prepararlos en encurtidos que se añaden a ensaladas y guisos.

Otro grupo dentro de las verduras es el de los espárragos, que presentan un aspecto característico, por lo que conviene tratarlos aparte. El nombre en castellano proviene del latín *asparagus*, que significa precisamente "brote tierno". Son tallos que crecen nuevos, bien brotando del suelo, como es el caso más conocido del espárrago triguero (*Asparagus acutifolius*) (figura 9), o bien de tallos epigeos. En general, todos se recolectan de igual manera, rompiendo el tallo por donde es frágil y quiebra de manera natural, para asegurarse de que solamente se consuma la parte más tierna. Otros espárragos muy apreciados por su sabor ligeramente amargo son los llamados lupios, que corresponden a la especie *Tamus communis* (figuras 10 y 11), una de las

cuatro representantes europeas de las dioscoreáceas, una familia botánica que es sobre todo tropical. Se trata de una planta trepadora cuyos tubérculos y frutos son tóxicos, pero no sus partes tiernas, que no presentan ningún peligro al ser consumidas. El brote tierno del lúpulo (*Humulus lupulus*) también se recolecta en primavera y se toma como los anteriores, cocidos y luego en revuelto o tortilla. Algunos también los añaden a una sopa con patatas. El espárrago de nuez o espárrago mocososo se llama así porque gotea cuando se corta. Se trata de la especie *Bryonia dioica*, perteneciente a la misma familia botánica que las calabazas, y también resulta muy sabroso. Recientemente se ha comprobado que el brote tierno de *Ornithogalum pyrenaicum*



Figura 10. Los lupios o espárragos de culebra (*Tamus communis*) se encuentran en los espinales o en lugares algo sombríos y húmedos. De gusto ligeramente amargo, son muy apreciados para hacer guiso con patatas; también se pueden tomar rehogados o en tortilla.

se recolecta como espárrago y se come en algunos lugares de la sierra de Madrid. Esta especie pertenece a la familia botánica de las liliáceas o de la azucena.

Hay que decir que, en general, los espárragos son muy apreciados en el mundo rural y se recolectan con fruición. Algunos recolectores hacen campañas de recogida en la primavera y los congelan ya cocidos para poder disponer de ellos todo el año.

Frutos silvestres

Los frutos silvestres aparecen a finales de verano o en otoño, algunos años en gran cantidad. Su recolección resulta un recurso a tener en cuenta en la elaboración artesanal de mermeladas u otras conservas. Los más recolectados son las zarzamoras (*Rubus ulmifolius*), para consumirse en crudo o en mermelada. Es bien sabido que los zarzales están por todos los lugares en que aflora el nivel freático. Dependiendo de las condiciones meteorológicas del año, se encuentran más o menos frutos, y éstos más gordos y con más o menos granos. Aunque esto también depende de las diferentes estirpes que se producen dentro del

género *Rubus*, muy variable taxonómicamente. El majuelo o espino blanco (*Crataegus monogyna*) (figura 12) es un arbolillo que produce unos frutos pequeños de color rojo, muy variables en tamaño y sabor, que se consumen en el campo como golosina. Tienen poca carne y un hueso que era utilizado en tiempos para jugar lanzando los huesos con un canuto. Del pino piñonero (*Pinus pinea*) se recolectan sus piñas grandes y leñosas, de las que se aprovechan sus semillas, que son los piñones. En las llanuras de Albacete, sin embargo, es tradición recolectar las piñas verdes y prepararlas en aguasal. La frambuesa (*Rubus idaeus*) y, sobre todo, la fresa silvestre (*Fragaria vesca*), han sido siempre recolectadas en la orlas de los bosques de montaña por su grato sabor y delicado aroma, bien diferente del que tiene el fresón comercial. Los arándanos

Los frutos silvestres aparecen a finales de verano o en otoño, algunos años en gran cantidad. Su recolección resulta un recurso a tener en cuenta en la elaboración artesanal de mermeladas u otras conservas



Figura 11. Hojas del espárrago de culebra.



Figura 12. Los frutos del majuelo (*Crataegus monogyna*) se comen en otoño. Algunos son más sabrosos y otros son insulsos, dependiendo del árbol.

(*Vaccinium myrtillus*) son los frutillos de un pequeño matorral que vive en zonas de montaña, cuyo consumo es muy recomendable para mejorar la agudeza visual. Otro fruto comestible es el madroño (*Arbutus unedo*), que está bien maduro entrado el otoño. Entonces es de gusto exquisito y, en contra de lo que se cita en algunos libros, hemos podido comprobar que no produce mareo ni emborracha y se puede comer en gran cantidad hasta hartarse sin que cause trastorno alguno. Las bellotas de la encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) han sido siempre un importante recurso alimenticio por su alto contenido en hidratos de carbono. Su consumo fue sustituido por la castaña y posteriormente por la patata. Ya desde tiempos antiguos, según relata Estrabón, los primitivos pobladores del norte de la península Ibérica se alimentaban durante una gran parte del año a base de bellotas, que secaban y trituraban para hacer un pan que se podía guardar durante mucho tiempo. Ahora las preferimos transformadas en exquisito jamón ibérico. Pero hay que decir que las bellotas, asadas como las castañas, resultan algo aceitosas y tienen un sabor muy agradable. En muchos lugares de España se ha tomado el café de bellota tostada como sucedáneo del auténtico en tiempos de necesidad.

Plantas condimentarias

Se podría decir sin lugar a duda que el orégano (*Origanum vulgare*) (figura 13) es la planta más importante como condimento en España, ya que es muy usada para el adobo de embutidos



Figura 13. El orégano (*Origanum vulgare*) es relativamente frecuente en los montes y se recolecta en verano para utilizarlo como condimento, aunque también es una planta medicinal.

durante la matanza del cerdo. Debido a ello se recolectaba en el campo en verano, que es cuando está en su máxima floración. Probablemente debido al exceso de recolección y también al cambio acaecido en el manejo y uso de muchos montes, se ha propiciado que dicha planta escasee en la naturaleza. Por ello es frecuente en la actualidad ver en una esquina del huerto un cuadro de orégano plantado, la mayor parte de las veces de origen silvestre, transplantado del campo. De esta planta se usan las hojas y las sumidades floridas, que se desmenuzan. De sabor muy agradable, esta especie contiene en sus aceites esenciales unos componentes antisépticos, que actúan como conservantes frente a la acción de bacterias y hongos. Las hojas de romero (*Rosmarinus officinalis*) también son utilizadas como condimento, aunque a veces presentan el inconveniente de ser demasiado perfumadas. El hinojo (*Foeniculum vulgare*) se utiliza para adobar aceitunas, así como diferentes especies de tomillos (*Thymus*) y ajedreas (*Satureja*). Éstas son además usadas como condimento de guisos y asados, sobre todo la especie *Satureja intricata*, que es la que vive en el centro de España.

Otra manera habitual de conseguir y poder conservar durante mucho tiempo los principios activos de las plantas es mediante disolución en alcohol, o sea, elaborando licores a partir de orujo, aunque algunas veces éste era difícil de conseguir

Plantas para infusiones y licores

Las infusiones digestivas o los licores que se toman después de comer se han confeccionado tradicionalmente con plantas recolectadas en el campo, además de utilizar algunas especies cultivadas. Como en cada lugar se disponía de determinadas especies, había una tradición de uso asociada a las especies disponibles, que eran utilizadas como plantas digestivas en infusión, o daban lugar a determinadas fórmulas personales para la elaboración de licores. Referente a las infusiones digestivas, se conocen hasta 70 especies para hacer tés, que además se denominan popularmente con este nombre. Los más importantes son el té de roca, que es usado en todos los lugares en donde vive esta planta, y el té de puerto, en las montañas del norte de España. El té de roca (*Jasonia glutinosa*) es una plantita algo pegajosa que se encuentra en los roquedos calizos de casi toda España, de ahí su nombre popular. Sus tallos floríferos con las flores amarillas terminales se recolectan en verano, sin peligro para la planta que vive inserta en las grietas de las rocas. El té de puerto (*Sideritis hyssopifolia*) es la



Figura 14. El té de prado (*Inula salicina*) se recolecta a comienzos de verano en los bordes de los prados, cuando la planta está florecida. Solamente se utiliza como té en el valle del Lozoya (Madrid).

especie más usada como té de este género, que contiene principios de acción antiinflamatoria. Se recolecta sobre todo en Picos de Europa y en el Pirineo Central. En la provincia de Madrid, en el valle del Lozoya, se ha encontrado el uso de un té que es exclusivo de esta zona. Se trata del té de prado (*Inula salicina*) (figura 14), con buenas propiedades digestivas.

Otra manera habitual de conseguir y poder conservar durante mucho tiempo los principios activos de las plantas es mediante disolución en alcohol, o sea, elaborando licores a partir de orujo, aunque algunas veces éste era difícil de conseguir. Se añaden las hojas, sumidades floridas o frutos al alcohol y se deja macerar varios meses, durante los cuales los principios activos y aromas de la planta pasan a disolverse en el alcohol. Uno de los licores más populares es el pacharán o licor de endrina (*Prunus spinosa*) (figura 15), que es el fruto de un arbusto espinoso semejante a una pequeña ciruelita, pero muy ácida. Éstas pueden comerse crudas después de dejarlas madurar durante mucho tiempo hasta que se pasifican. También se conoce el licor de guindas (*Prunus cerasus*), o el de maguillo o manzana



Figura 15. El endrino (*Prunus spinosa*) tiene unos frutos de color azulado mate característico, que son malos para comer por su acritud. Se recolectan en otoño para elaborar el licor de endrino o pacharán.

silvestre (*Malus sylvestris*). En la Comunidad Valenciana y en Cataluña hay una gran tradición en la elaboración de licores con hierbas. Por citar alguno de ellos, el de gitam (*Dictamnus hispanicus*) se elabora con las flores y hojas de esta planta que pertenece a la misma familia botánica que los cítricos. En la isla de Ibiza es tradicional el licor de frigola (*Thymra capitata*), que es una planta parecida al tomillo y relativamente abundante en dicha isla. Para su elaboración se introducen en orujo las ramillas florecidas de dicha planta. Otro licor que se podía encontrar antaño en ciertas tascas de Madrid es el auténtico licor de madroño, que se confeccionaba destilando los frutos fermentados. También es posible hacerlo macerando sus frutos en orujo.

Otros usos alimentarios

Algunas plantas se han utilizado como cuajo vegetal para la elaboración de queso y cuajada, como por ejemplo las flores del cardo o yerba cuajo (*Cynara cardunculus*) o el látex de algunas lechetreznas (*Euphorbia*). Concretamente, la primera especie se ha adoptado para la confección de quesos artesanales mediante el método tradicional de utilización de dichos cuajos vegetales, como en el caso de la famosa torta del Casar, en Extremadura.

También se encuentran golosinas usadas desde antiguo como el paloluz, que son los rizomas de la planta llamada regaliz (*Glycyrrhiza glabra*), que se recolecta a partir de octubre, o de la regaliza de montaña (*Trifolium alpinum*). El dulzor

También se encuentran golosinas usadas desde antiguo como el paloluz, que son los rizomas de la planta llamada regaliz que se recolecta a partir de octubre, o de la regaliza de montaña

de ambas especies es debido a la glicirricina, sustancia que se acumula en sus órganos subterráneos y que tiene un poder

edulcorante 50 veces superior al del azúcar común o sacarosa.

Conservemos el patrimonio

Conviene recalcar que estas especies no son más que algunos ejemplos pues, como ya dijimos anteriormente, hasta el momento llevamos registradas algo más de 450 especies de plantas que se han usado en la alimentación en España. Todo ello merece ser estudiado como parte de un patrimonio que se pierde irremediabilmente. Algunas de las plantas utilizadas son muy apreciadas; otras son de uso exclusivo en ciertas regiones españolas, siendo incluso a veces parte de sus señas de identidad. Con el auge del turismo rural, han de tenerse muy en cuenta dentro de la gastronomía propia de cada zona geográfica y, por supuesto, deben ser recolectadas de una manera respetuosa que asegure la sostenibilidad del recurso. Hay que considerar que algunas de estas especies crecen únicamente en la península Ibérica o en una determinada región de ésta, lo que limitaría más el uso de dichas especies. Es el caso de la llamada borraja o blanquilla (*Sonchus crassifolius*), endemismo del centro de España, cuyos brotes tiernos se toman crudos en ensalada, o el de la manzanilla de Sierra Nevada (*Artemisia granatensis*), que debido a su recolección abusiva se encuentra en peligro de extinción.

Después de esta primera fase recopilatoria estamos profundizando en otros aspectos de

En la actualidad se está trabajando en la valoración nutricional con una veintena de especies que se han seleccionado entre las más utilizadas y las que han resultado interesantes desde el punto de vista de su sabor

interés sobre las plantas comestibles, dentro del proyecto que lleva por título *Valoración productiva y nutricional de plantas silvestres de uso tradicional en España*. En la actualidad se está trabajando en dicha valoración nutricional con una veintena de especies que se han seleccionado entre las más utilizadas y las que han resultado interesantes desde el punto de vista de su sabor, incluyendo verduras, brotes y frutos silvestres. Para ello se ha formado un equipo interdisciplinar junto con el Departamento de Bromatología de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en el que se analiza el contenido de todos los parámetros bromatológicos habituales, entre

otros, las vitaminas. Además se está realizando un estudio ecológico de las especies seleccionadas para estimar su producción en condiciones silvestres. El objetivo es conocer la cantidad de biomasa comestible que puede obtenerse de estas plantas y estimar su abundancia real en diferentes localidades de la provincia de Madrid.

Epílogo

Los resultados de este proyecto, ya próximo a concluir, parecen muy prometedores. Por un lado, podrían esclarecer en qué medida el aporte de productos vegetales silvestres fue importante en la dieta alimentaria de las poblaciones humanas primitivas, en las que, sin duda, una parte mucho más importante de la dieta eran las proteínas animales obtenidas de la caza y la pesca. Asimismo, este estudio puede contribuir al aprovechamiento actual de las especies, tanto para asegurar que su recolección se realiza a unos niveles sostenibles como para evaluar las posibilidades agronómicas que tienen estas plantas como cultivos ecológicos alternativos.

Sirvan estas pinceladas dentro de los conocimientos sobre este tema, muchos de ellos aún en la mente de posibles informantes de avanzada edad, como estímulo para seguir acumulando dichos conocimientos, que así se han de conservar para su posible utilización en el futuro.

Bibliografía

Blanco, E.; López, M. y Grijalbo, J. (2007). *El pino piñonero en la Manchuela. Las piñas en aguasal y la cultura de la sal en la alimentación*, Instituto de Estudios Albacetenses, 127 pp.

Pardo de Santayana, M.; Blanco, E. y Morales, R. (2005). Plants known as *té* in Spain. An ethno-pharmacobotanical review, *Journal of Ethnopharmacology*, 98, 1-19.

Pardo de Santayana, M.; Tardío, J. y Morales, R. (2005). The gathering and consumption of wild edible plants in the Campoo (Cantabria, Spain), *International Journal of Food Science and Nutrition*, 56(7), 529-542.

Pardo de Santayana, M.; Tardío, J.; Blanco, E.; Carvalho, A. M.; Lastra, J. J.; San Miguel, E. y Morales, R. (2007).

Traditional knowledge of wild edible plants used in the northwest of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal): a comparative study, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3, nº 27.

Rivera, D.; Verde, A.; Fajardo, J.; Inocencio, C.; Obón, C. y Heinrich, M. (eds.) (2006). *Guía etnobotánica de los alimentos locales recolectados en la provincia de Albacete*, Instituto de Estudios Albacetenses, 470 pp.

Tardío, J.; Pascual, H. y Morales, R. (2002). *Alimentos silvestres de Madrid*, Ediciones La Librería, 246 pp.

Tardío, J.; Morales, R. y Pascual, H. (2005). Wild food plants traditionally used in the province of Madrid, Central Spain, *Economic Botany*, 59(2), 122-136.

Tardío, J.; Pardo de Santayana, M. y Morales, R. (2006). Ethnobotanical review of wild edible plants in Spain, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152(1), 27-72.

El papel de los geólogos en el desarrollo económico del Tercer Mundo a través de proyectos financiados por el Banco Mundial

Existen países en los que, por la situación de sus infraestructuras o por su enclave geopolítico, es imposible el despegue del desarrollo económico sin la contribución de sus recursos minerales, lo cual conlleva elevados riesgos de desequilibrios estructurales y falta de sostenibilidad. La aportación profesional de los geólogos, apoyada en la experiencia práctica heredada de la tradición minera, es esencial en la reforma institucional de los sectores mineros de estos países.

TEXTO Y FOTOGRAFÍAS | Enrique Ortega Gironés, geólogo

Palabras clave

Sector minero, desarrollo económico, organización institucional, Catastro Minero, infraestructura geológica, Banco Mundial

Los países cuyas economías tienen un alto nivel de dependencia de sus recursos minerales suelen presentar una serie de defectos estructurales que, conjuntamente con los negativos efectos medioambientales y sociales acumulados durante tiempos pasados, han contribuido, y no poco, a desprestigiar el sector minero. De acuerdo con Karl (1997), las principales consecuencias de ese nivel de dependencia pueden resumirse del modo siguiente:

- Vulnerabilidad en lo que respecta a la relación entre exportaciones e ingresos, extremadamente dependiente de la situación internacional de los mercados, frecuentemente inestables. Esta debilidad puede afectar negativamente a la tasa de crecimiento, a la capacidad de inversión y a la inflación.
- El sector minero requiere importantes inversiones de capital y tecnología, por lo que los Estados suelen requerir, en ambos aspectos, un alto nivel de dependencia exterior y, consecuentemente, un elevado porcentaje de control externo de los recursos.

Los recursos mineros no son renovables, por lo que tienden inevitablemente al agotamiento. Su explotación debiera ir acompañada de las inversiones necesarias (aprovechando sus altas tasas de retorno)

para compensar en el futuro la merma de los recursos, pero esta política es raramente aplicada en países en desarrollo.

Sin embargo, y a pesar de estas dificultades, son numerosos los países (o en algunos casos, determinados territorios dentro de un país) donde es imposible que el desarrollo económico despegue sin la contribución de sus recursos minerales. Es relativamente frecuente que las inversiones requeridas en infraestructuras y comunicaciones para el desarrollo de algunos sectores (como por ejemplo el turístico o el agrícola), no puedan ser financiadas por la propia actividad a desarrollar y que el país carezca de otras fuentes suficientes para aportar los recursos requeridos.

El sector minero, en cambio, por su propia naturaleza económica y técnica, puede aportar las inyecciones económicas necesarias para actuar como motor inicial del desarrollo y para generar además las infraestructuras que pueden permitir a posteriori la implantación de otras actividades. Desgraciadamente, son muchos los casos donde al agotarse los recursos y cesar la actividad minera, la ausencia de actividades alternativas retrotrae la economía local a niveles similares o incluso peores de los que

existían antes del inicio del ciclo minero. Algunos ejemplos de esta problemática específica están ilustrados en McMahon y Remy (2001), donde se incluye, entre otros, un análisis del distrito minero de Almadén (Ortega y Diez Viejo-Bueno, 2001).

Diversas instituciones internacionales (entre ellas el Banco Mundial), se han esforzado en la búsqueda de soluciones institucionales para estos defectos estructurales del sector minero. El objeto del presente artículo es realizar una breve introducción a las soluciones postuladas, con especial atención al papel que pueden y deben jugar los profesionales de la geología en el diseño y puesta en práctica de las soluciones propuestas.

Estrategias aplicadas por el Banco Mundial

Durante las últimas décadas, un grupo de países de Hispanoamérica, seguidos posteriormente por otros países de África y Asia, han acometido reformas institucionales de sus respectivos sectores mineros, dirigidas a apoyar la gestión transparente y sostenible de sus recursos minerales. La experiencia práctica que se fue acumulando en este tipo de reformas indicó, inmediatamente, que la única forma eficaz de realizar esta reforma era



Figura 1. Ilustración gráfica de la cadena de valores de las industrias extractivas. Extraída de Ortega, Pugachevsky y Walser (2009).

planteándola de forma integral, es decir, reformando simultáneamente tanto las bases legales como el ordenamiento institucional. Así lo entendió el Banco Mundial, que lo introdujo al principio de la década de los noventa en sus planteamientos estratégicos para América Latina y el Caribe (Banco Mundial, 1997).

En una primera etapa, durante un periodo en el que los precios de los metales estaban muy bajos, las reformas recomendadas se centraron en aumentar la seguridad de las inversiones mineras y optimizar los modelos fiscales. Posteriormente, y de forma progresiva, las estrategias propuestas comenzaron a incluir medidas ambientales y sociales, así como directrices para estimular la contribución de los recursos mineros al desarrollo nacional y regional.

Más recientemente, el Banco Mundial ha aumentado los esfuerzos para prever un modelo de gestión de los recursos mineros más completo, integrando todas las etapas encadenadas a la producción realizada por las industrias extractivas. Tal y como ha sido definida por la División de Petróleo, Gas y Minería del Banco Mundial, la cadena de valores de las industrias extractivas (figura 1) incluye (desde una perspectiva gubernamental) las etapas siguientes:

- El acceso a los recursos¹.
- La supervisión y control de las operaciones.
- La recaudación de impuestos y tasas.
- La gestión y redistribución de los ingresos generados.
- La puesta en marcha de proyectos sostenibles para el desarrollo.

El objetivo fundamental de esta cadena de valores es apoyar los esfuerzos de los países

en vías de desarrollo para traducir la riqueza derivada de los recursos minerales en un desarrollo sostenible, evitando la conocida "maldición de los recursos" (*resource curse*). Es decir, la paradoja por la cual los países dotados con abundantes riquezas naturales sufren bajas tasas de crecimiento, corrupción y graves crisis políticas que, con relativa frecuencia, derivan en conflictos armados. En efecto, mientras que los ingresos generados por el sector minero pueden representar una oportunidad óptima para el desarrollo, la falta de la capacidad institucional adecuada (desgraciadamente frecuente en países aún en vías de desarrollo) puede incrementar su vulnerabilidad hacia los efectos de esta maldición.

Aportación potencial de los profesionales de la geología

En este contexto, la aportación de los geólogos es primordial en la correcta aplicación de la "cadena de valores" anteriormente descrita, fundamentalmente en sus dos primeros eslabones, que es donde se desarrollan normalmente las actividades profesionales de la geología. De una forma esquemática y aproximadamente secuencial, cinco tipos de actividades con participación geológica pueden ser diferenciados dentro de estos dos primeros eslabones de la cadena: 1) la reforma del marco legal; 2) la adaptación del marco institucional; 3) la puesta a punto del sistema de otorgamiento de títulos mineros; 4) el desarrollo de la infraestructura geológica; y 5) el control de las actividades de exploración y explotación. De todas ellas, las dos últimas se corresponden con las actividades más tradicionales y frecuentes de los profesionales de la geología, aunque las condiciones y circunstancias en las que

tienen que realizarse en estos proyectos de desarrollo son muy diferentes a las que estamos normalmente habituados.

Por otra parte, las tres primeras actividades de la lista (reforma del marco legal, adaptación del marco institucional y puesta a punto del sistema de otorgamiento de títulos mineros) pueden parecer a primera vista alejadas de la profesión geológica y, sin embargo, la aportación de la experiencia profesional de los geólogos es esencial en todas ellas.

Pero en términos prácticos y a nivel global, la participación de geólogos de diferentes nacionalidades en estos procesos de reforma no es proporcional a la importancia de sus respectivos sectores mineros, como ocurre por ejemplo con nuestro caso. España fue hasta hace algunos años un país eminentemente minero (aún lo es, pero a una escala mucho menor). La experiencia adquirida por sus profesionales de la geología al participar en la búsqueda, la explotación y la gestión de los recursos minerales (ese saber hacer al que se vulgariza normalmente como *know-how*), es la que ahora se requiere para el desarrollo de las actividades mencionadas anteriormente. Y, sin embargo, es curioso que en países donde la importancia del sector minero es y ha sido durante las últimas décadas mucho menor que en España (caso del Reino Unido, Francia y Alemania, por ejemplo, a pesar de que en el inicio de la época industrial su desarrollo se basó fundamentalmente en la minería del carbón y el hierro), la comercialización internacional de su *know-how* a través de empresas de consultoría es mucho más frecuente que en nuestro caso.

1. Esta etapa incluye tanto el otorgamiento de las correspondientes licencias y permisos, como la identificación (es decir, la exploración y evaluación) de dichos recursos.

Dejando aparte razones de tipo histórico y político, es evidente que la existencia en los países mencionados de empresas mineras multinacionales, ha permitido (aunque la actividad minera en el país de origen fuese mínima), generar un sector de servicios a nivel internacional, apoyado e impulsado por la existencia de proyectos mineros en el exterior. Este mismo tipo de consultorías es el que favorece posteriormente, gracias a su red de contactos comerciales en diversos países y en organismos internacionales, la comercialización no sólo de servicios estrictamente técnicos, sino también del *know-how* institucional. Quizá el mejor ejemplo de esta situación es Holanda que, a pesar de carecer de minería, es la sede de la compañía Shell y de su filial minera Billiton, lo que le ha proporcionado a su sector geológico una demanda de profesionales y una promoción internacional sin ningún paralelismo con la significación de su sector minero.

En cualquier caso, es necesario mencionar que son los países con larga tradición minera pero con industria todavía activa, que operan tanto en el interior como a nivel internacional, los que dominan el mercado de las consultoras. Éste es el caso por ejemplo de Canadá y Estados Unidos, y, en menor grado, de otros países como Finlandia, la República de Sudáfrica o Suecia. Otros países con gran nivel de actividad minera pero una menor "tradición industrial" (Brasil, Perú o Chile) han desarrollado un elevado nivel en servicios de consultoría, aunque todavía tiene poco alcance en el ámbito internacional.

Por lo que se refiere al sector minero español, afortunadamente la situación se ha dinamizado durante la última década y la participación de empresas de servicios e instituciones españolas en proyectos desarrollados en la República Argentina, la República Dominicana, Mauritania o Marruecos puede ser un buen ejemplo de ello. Sin embargo, esa participación (nuestra cuota de mercado) es aún mínima si comparamos la capacidad real de nuestro *know-how*, es decir, nuestra experiencia histórica en el sector minero, con los países que nos llevan ventaja en el mercado

El primer paso en la reforma del sector minero debe ser el cambio en el sistema legal, que determina las características de la propiedad minera, su acceso a ella y los derechos otorgados a los titulares, así como sus obligaciones

internacional. En este contexto, el objetivo fundamental del presente artículo es ilustrar las aportaciones (algunas de ellas no muy conocidas), que la experiencia profesional de los geólogos y nuestro saber hacer como país de tradición minera pueden realizar a los proyectos internacionales de desarrollo.

Reforma del marco legal

El primer paso en la reforma del sector minero de cualquier país debe ser necesariamente el cambio en el sistema legal, que determina las características de la propiedad minera, su acceso a ella y los derechos otorgados a los titulares, así como sus obligaciones. Esta reforma legal suele hacerse en dos etapas: reforma del texto legal propiamente dicho (donde se enuncian los principios básicos para la funcionalidad y gestión del sector) y una vez está en vigor, aprobación de los reglamentos correspondientes que contienen los detalles técnicos y administrativos necesarios para la aplicación práctica de la ley. Los textos legales deben definir con claridad el papel del Estado, las garantías otorgadas a los títulos mineros, las bases de la actividad comercial, los procedimientos para acceder a la propiedad minera, las bases impositivas y fiscales de la industria y los requerimientos medioambientales.

En las empresas mineras, son normalmente los profesionales de la geología los que se encargan de las actividades preliminares de prospección, de la tramitación de los derechos mineros ante el Catastro, de desarrollar las tareas de exploración, de evaluar las reservas y de participar en la preparación de los proyectos de explotación, de cooperar en el seguimiento de la explotación (tanto desde el punto de vista de la producción como medioambiental) y, finalmente, también de participar en las tareas de rehabilitación medioambiental de la explotación. Por todo ello, el punto de vista profesional de los geólogos puede permitir (sobre la base de su experiencia práctica en el sector) aconsejar sobre los tipos de medidas que pueden ser restrictivas para el desarrollo minero o, por el contrario, potenciar su puesta en marcha. Algunas de las problemáticas donde la opinión profesional de los geólogos es indispensable serían, por ejemplo:

- Las características generales de los títulos mineros (superficies máximas, duración, precios del canon, etc.).
- Las relaciones entre la propiedad del suelo y los títulos mineros, así como asuntos relacionados con derechos de paso y de acceso.
- La existencia o no de derechos exclusivos, impidiendo el otorgamiento de permisos superpuestos para sustancias o minerales diferentes.
- Los criterios utilizados en el otorgamiento, basados en la prioridad temporal de las solicitudes o en otro tipo de evaluaciones.
- La selección de las condiciones y requisitos exigibles para poder solicitar un título minero y que éste sea otorgado.
- La selección de las condiciones y requisitos exigibles para mantener un título minero durante su periodo de vigencia, incluyendo las prórrogas.
- La selección de las condiciones y requisitos exigibles para transformar un permiso de exploración o investigación en una concesión de explotación.
- La selección de las condiciones y requisitos exigibles para que la Administración pueda revocar un título.
- La metodología y parámetros técnicos prescritos para la delimitación cartográfica de los títulos mineros y su posicionamiento sobre el terreno.

- Responsabilidades técnicas y actividades a desarrollar en el momento de abandono de las labores o del cierre de la explotación.

Debe tenerse en cuenta que los puntos arriba mencionados no corresponden a meros aspectos burocráticos o administrativos de la gestión del sector minero, sino que representan parámetros esenciales para favorecer la atracción y la consolidación de las inversiones mineras. Es por ello esencial que la selección de los criterios y baremos a adoptar estén fundamentados en la experiencia práctica.

Una vez tomada la decisión de reformar las leyes que rigen el sector minero de un país, la primera decisión que hay que llevar a cabo es la constitución de una comisión de redacción del borrador, que será después sometido primero a la revisión del ministerio correspondiente y, más tarde, a la aprobación del órgano legislativo responsable (normalmente el Parlamento). Con frecuencia, esta comisión redactora está integrada por un equipo local (abogados del Estado y técnicos locales) apoyado por técnicos extranjeros, entre los que se incluyen con frecuencia abogados con experiencia internacional. La práctica acumulada en las reformas del sector minero de diversos países en las tres últimas décadas sugiere que la eficacia y la operatividad de los textos legales desarrollados es sensiblemente más elevada cuando en la redacción del borrador, tanto por parte de los expertos nacionales como internacionales, han participado geólogos e ingenieros de minas conocedores y con experiencia práctica en el sector. Teniendo en cuenta que la experiencia de un país raramente puede ser exportada y que las soluciones válidas en un determinado entorno pueden no ser operativas en un contexto diferente (sólo los principios generales tienen validez "universal"), se hace imprescindible adaptar a las peculiaridades de cada país estos principios universales. Y, en este sentido, la cooperación entre técnicos locales y expertos internacionales (incluyendo a los geólogos), se hace imprescindible en la elaboración de los textos legales.

Reorganización y adaptación del marco institucional

En el proceso de reforma del sector minero, una vez aprobado el nuevo marco legal, se hace necesario emplazar operativamente las instituciones responsables de poner en práctica los principios establecidos en las nuevas leyes, es decir, las instituciones públicas mineras. En general, y dejando aparte las particularidades organizativas de cada Estado, estas instituciones están integradas por (Banco Mundial, 1997):

- El ministerio responsable de minas, que tiene la responsabilidad de actuar como responsable político e institucional en la gestión del sector. El ministerio es responsable de la definición de la política minera (inspirada en estas bases) y de la preparación de los textos legales correspondientes, así como de la coordinación con otros ministerios, la supervisión de las agencias responsables de la puesta en práctica de la política minera y de la aplicación de los textos legales (normalmente el Servicio Geológico, la Dirección de Minas y el Catastro Minero), de la preparación y publicación de datos estadísticos relativos al sector, y finalmente también de las actividades de promoción para atraer inversiones al sector.
- El Catastro Minero, responsable de recibir y registrar las peticiones de títulos mineros y de realizar su tramitación. El Catastro juega un papel esencial en la puesta en práctica de la política minera y en la atracción de inversiones mediante la introducción de las suficientes garantías y seguridad sobre los títulos mineros. Su problemática específica será analizada con mayor detalle en el apartado siguiente.
- El Servicio Geológico, responsable de desarrollar la infraestructura geológica del país, incluyendo (como primera y esencial prioridad) la cartografía geológica y la información digital (bases de datos) relacionada con estas cartografías. El Servicio Geológico debe proporcionar el conocimiento geológico básico que marque las guías adecuadas a la exploración minera y también (entre otros), la evaluación de los recursos hídricos, el seguimiento medioambiental, el desarrollo de infraestructuras, la planificación de

usos del suelo y la previsión de riesgos naturales.

- La Dirección de Minas, responsable del seguimiento de las actividades de exploración y explotación que se desarrollan dentro de las licencias mineras otorgadas, así como de garantizar el cumplimiento de las previsiones legales en el caso de abandono o cierre de explotaciones en todos los aspectos relacionados con la seguridad, la salud laboral y el medio ambiente. Asimismo, es responsable de verificar las producciones realizadas con el objeto de garantizar los pagos de los impuestos (regalías o *royalties*) correspondientes.

Como en el caso anterior, el estudio de evaluación institucional y la propuesta de la nueva organización es frecuentemente contratada a una consultora internacional, que debe interactuar con un equipo local, normalmente integrado por funcionarios o miembros del ministerio afectado por la reforma. El producto final de dicha colaboración deberá ser una nueva propuesta de organización (incluyendo la descripción de funciones y responsabilidades para cada puesto, además de los mecanismos de financiación y la gestión de los recursos humanos), que deberá ser aceptada por el Gobierno local.

De nuevo, la experiencia práctica acumulada en las reformas recientes del sector minero en diversos países indica que es esencial la participación de técnicos con experiencia práctica en el sector, tanto a escala local como internacional, con el objeto de armonizar ambos niveles de experiencia. En una primera aproximación pudiera parecer que el papel de los geólogos debiera estar focalizado (por afinidades profesionales y quizá también por "tradición") en las definiciones institucionales del Servicio Geológico. Sin embargo, teniendo en cuenta la actividad profesional que deben desarrollar los geólogos, asociada a las actividades de exploración y explotación (véase la lista enunciada anteriormente en el apartado correspondiente a la reforma del marco legal), es imprescindible que profesionales de la geología participen en la definiciones institucionales del sistema de otorgamiento de títulos mineros (o Catastro



Figura 2. Equipo responsable de la puesta en marcha del nuevo Catastro Minero de Madagascar (Antananarivo). El autor del artículo es el primero por la izquierda.

Minero, véanse detalles en el apartado siguiente) y de la Dirección de Minas.

Sistema de otorgamiento de títulos mineros

Desde una perspectiva institucional, el Catastro Minero es la entidad responsable de poner en marcha la sistemática de otorgamiento de títulos mineros, en conformidad con las directrices emanadas del cuadro legal y de la política minera del país. En este contexto, el Catastro Minero es una institución clave para la gestión del sector, debiendo defender los intereses del sector público (una gestión adecuada del territorio y de los recursos potencialmente disponibles) y del sector privado (garantías de la propiedad minera y acceso transparente a la información). Las funciones y responsabilidades asignadas normalmente al Catastro Minero deben ser las siguientes:

- Actuar como enlace entre el Estado (representado por el ministro responsable del sector minero) y los titulares o solicitantes de permisos mineros, para

El Catastro Minero es la entidad responsable de poner en marcha la sistemática de otorgamiento de títulos mineros

cualquier aspecto relacionado con la propiedad minera.

- Recibir y registrar las solicitudes de los nuevos permisos mineros, así como los pedidos para renovaciones, transferencias, hipotecas, modificaciones del perímetro o renunciaciones.
- Mantener los registros de nuevos pedidos actualizados y en orden cronológico.
- Producir y mantener actualizados los datos catastrales, donde se deben representar con la precisión adecuada los derechos mineros vigentes, así como las solicitudes pendientes de otorgamiento.
- Verificar las superposiciones existentes entre las nuevas solicitudes y las licencias ya otorgadas o los pedidos pendientes de otorgamiento.



Figura 3. Ventanilla de recepción de solicitudes del nuevo Catastro Minero de Mongolia (Ulán Bator).



Figura 4. Libro de Registro y ejemplos de expedientes mineros del nuevo Catastro de Nigeria (Abuja).

- Facilitar el acceso del público a los mapas y registros catastrales.
- Iniciar los trámites de revocación o expiración cuando se den las circunstancias adecuadas, en conformidad con la ley y reglamento mineros.
- Actuar como árbitro técnico en el caso de conflicto entre titulares sobre la posición o límites de los títulos mineros.
- Controlar el pago de las tasas o impuestos (normalmente el canon, aunque su denominación y categorización dependen del régimen fiscal de cada país) asociados a la tenencia de los derechos mineros.

Como en los casos anteriores, la puesta en marcha de un nuevo Catastro Minero suele contratarse a una consultora internacional, que deberá asimismo interactuar con un equipo local (figura 2), cuyas responsabilidades pueden ser resumidas del modo siguiente:

- Preparar, de acuerdo con los textos legales, los procedimientos detallados, para todos los trámites posibles (nuevos pedidos, renovaciones, transferencias, cancelaciones, etc.) (figura 3) y para cada uno de los tipos de permisos mineros, desde la solicitud hasta el otorgamiento.



Figura 5. Ejemplos de antiguos mapas catastrales (antes de la reforma del sector) en el Catastro Minero de Baluchistán (Queta, Pakistán).



Figura 6. Sede del nuevo Catastro Minero de la República Democrática del Congo en Kinshasa.

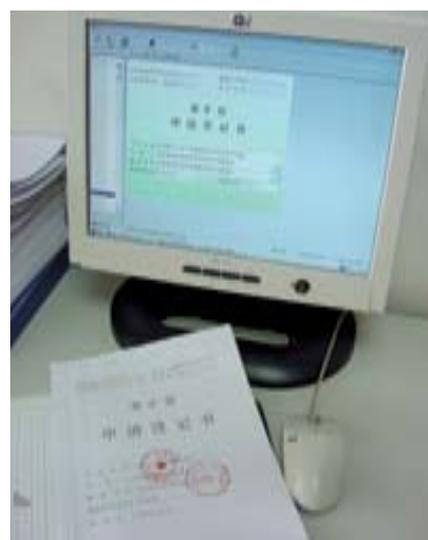


Figura 7. Sistema informatizado de Catastro Minero de la República Popular de China (Kung-Min).

Estos procedimientos deberán ser tan sencillos, directos y rápidos como sea posible, estableciendo además su duración máxima para el trámite total y para los estadios intermedios, evitando así los periodos de espera prolongados o ilimitados. También deben incluir la metodología a seguir para el registro de las solicitudes (figura 4), garantizando el respeto a su prioridad temporal.

- Los procedimientos antes mencionados deben incluir normas claras y sencillas sobre las restricciones que se imponen a la geometría de los títulos mineros, así como la metodología a seguir (bases cartográficas y topográficas), tanto para su representación en los mapas topográficos, como para su posicionamiento en campo (figura 5). Esta normativa debe incluir parámetros oficiales para la transformación de las coordenadas del mapa oficial del país en coordenadas GPS y viceversa.
- Revisar los mapas catastrales, los libros de registro y los archivos, al objeto

En las empresas mineras suelen ser los profesionales de la geología los que se encargan de las actividades preliminares de exploración y de la tramitación de los derechos mineros ante el Catastro

de garantizar que toda la información necesaria para tramitar adecuadamente cualquier solicitud catastral está actualizada y disponible.

- Mantener actualizados los mapas catastrales, donde deberán estar representados con la precisión suficiente

tanto los permisos en vigor como las peticiones pendientes de otorgamiento y las zonas restringidas a la actividad minera (zonas de reserva, parques naturales, etc.).

- Permitir el acceso de los titulares y solicitantes a la información catastral (incluyendo los mapas catastrales) mediante unas oficinas e instalaciones adecuadas (figura 6), con objeto de asegurar la transparencia de la gestión y la seguridad de la propiedad minera.
- En la medida de lo posible, aplicar a los procedimientos catastrales las tecnologías informáticas (fundamentalmente bases de datos y sistemas de información geográfica), con objeto de disminuir los tiempos de procesamiento, reducir los errores y aumentar la transparencia, preferentemente mediante la difusión de datos a través de internet (figura 7).

Como se ha mencionado anteriormente, en las empresas mineras suelen ser los

profesionales de la geología los que se encargan de las actividades preliminares de exploración y de la tramitación de los derechos mineros ante el Catastro, por lo que son los que están más al tanto de los problemas y riesgos implícitos en los trámites catastrales. Los procedimientos catastrales tienen una especial incidencia en la seguridad de la propiedad minera (y, por tanto, en los riesgos de la inversión), por lo que es esencial realizar los ajustes adecuados en los aspectos que se relacionan con:

- Diseño del contenido del Libro de Registro.
- Diseño de los formularios catastrales.
- Desarrollo práctico de los procedimientos catastrales (en conformidad con los textos legales) y criterios a aplicar en caso de duda o conflicto.
- Selección del valor y estructura (fija o variable anualmente de forma progresiva) de las tasas anuales (canon).
- Sistema de codificación y archivo de los expedientes mineros.
- Estructura de la base de datos para el almacenamiento digital de la información.
- Estructura organizativa del Catastro y definición de las funciones en los puestos clave.

Todos estos parámetros, aparentemente irrelevantes, tienen una importancia práctica extraordinaria y su variabilidad es enorme, cambiando de forma drástica de unos países a otros en función de parámetros de economía local, de estructura organizativa del Estado y de la tradición. Por ello, debe recordarse una vez más que la experiencia práctica de un país no puede ser exportada directamente a otro y que es imprescindible adaptar las soluciones a las peculiaridades de cada Estado, para lo cual se requiere la estrecha cooperación entre técnicos locales y expertos internacionales, incluyendo por ambas partes a geólogos con experiencia en trámites catastrales. La experiencia internacional pone de manifiesto que los catastros donde esta experiencia práctica

La infraestructura geológica de un país, en lo que al sector minero se refiere, suele estar integrada por el mapa geológico, los mapas temáticos de recursos naturales y el sistema de información geológico-minera

ha sido considerada en el diseño de los trámites de otorgamiento ofrecen un rango más elevado de eficacia y transparencia.

Desarrollo de la infraestructura geológica

La información geológica debe considerarse como parte de la infraestructura de un país. Para cualquier Gobierno y para la sociedad en general, esta información juega un papel esencial en la toma de decisiones relacionadas con los recursos naturales, incluyendo a los recursos mineros. Para los responsables de planificación de las actividades mineras (tanto en el sector público como en el sector privado), el conocimiento de la geología de un país, de sus recursos minerales y de la información de base para el adecuado seguimiento medioambiental, representan una herramienta indispensable para la definición de los programas de exploración y de desarrollo del sector minero.

La infraestructura geológica de un país, en lo que al sector minero se refiere, suele estar integrada por el mapa geológico, los mapas temáticos de recursos naturales y el sistema de información geológico-minera. Es muy frecuente que en países en vías

de desarrollo (incluso en aquéllos donde el sector minero tiene una cierta relevancia), la infraestructura geológica esté obsoleta o en algunos casos sea prácticamente inexistente. Esta situación hace necesario, si es que se desean desarrollar los recursos naturales mineros, modernizar esa infraestructura geológica empezando por la información más básica: la cartografía geológica.

Es completamente innecesario mencionar aquí las funciones y responsabilidades que deben tener los geólogos en el desarrollo de estas infraestructuras, puesto que ellas representan el núcleo de la actividad profesional y el origen de la razón de ser de los geólogos. Sin embargo, sí puede ser interesante considerar la escala y las condiciones en las que deben realizarse estos trabajos y las dificultades que ello conlleva.

Abordar la revisión cartográfica de un país entero o de partes significativas de los mismos (como se ha hecho recientemente en Argentina, Bolivia, Ecuador, Madagascar, Marruecos, Mauritania, Mozambique y Tanzania, o como está realizándose en la actualidad en Ghana, Marruecos, Níger, Nigeria y Papúa Nueva Guinea), a una escala relativamente detallada (1:100.000 como promedio) y con un plazo de ejecución de tres o cuatro años², representa un esfuerzo enorme. Para evaluar adecuadamente este esfuerzo no tenemos más que comparar la superficie de nuestro país (y su infraestructura de carreteras y accesos) con las superficies e infraestructuras de los países mencionados como ejemplo y tener en cuenta los años, empresas y número de geólogos requeridos para elaborar nuestro Plan Magna.

Los retos que supone abordar un proyecto de este tipo son enormes, tanto desde el punto de vista institucional, como individual y técnico. Debe considerarse, en primer lugar, el número de profesionales requeridos, que debe incluir además de los geólogos responsables de los trabajos cartográficos, los especialistas (petrólogos,

2. La realización de estos proyectos no debe excluir en cualquier caso el desarrollo de planes de cartografía a largo plazo, como por ejemplo los de Argentina, Colombia y Perú. En estos casos, una vez identificadas las zonas prioritarias, se puede focalizar en ellas una actividad más detallada que se puede beneficiar de la ayuda de proyectos de instituciones multi o bilaterales, típicamente con duración de tres a cinco años.



Figura 8. Campamento "volante". Zona de Andriamena. Proyecto de nueva cartografía geológica de Madagascar.



Figura 9. Expedición a lo largo del río Betsiboka. Zona de Tsaratanana. Proyecto de nueva cartografía geológica de Madagascar.

No es lo mismo una dura jornada de campo con la recompensa de una buena ducha y una buena cama durante la noche, que varias semanas continuadas de campamento "volante", frecuentemente en condiciones climáticas extremas

cuenta que el nivel de conocimiento geológico regional de estas zonas es en general bajo, que está poco actualizado y que el nivel de información bibliográfica es muy escaso. Puede existir además otro tipo de problemas, ya que en algunos casos la información existente está almacenada en países extranjeros, particularmente en algunas ex potencias coloniales cuya disponibilidad para compartir o retroceder esta información es muy variable. Con frecuencia, los datos más modernos acumulados durante las últimas décadas se reducen a trabajos universitarios aislados, con resultados que no siempre son convergentes y estando ausentes las visiones regionales integradoras. En estas condiciones, las nuevas informaciones aportadas por los datos aeromagnéticos,

paleontólogos, geocronólogos, metalogenistas, geomorfólogos, etc.) y todo el personal de apoyo. Adicionalmente, debe considerarse también la compleja logística que debe ponerse a punto, teniendo en cuenta las dificultades de acceso y transporte y la falta de alojamientos. Estas situaciones requieren una planificación cuidadosa de campamentos (con todos los suministros necesarios), en torno a los cuales se movilizan campamentos "volantes" (de una sola noche) (figura 8) y que mediante un desplazamiento progresivo permiten cubrir todo el territorio a cartografiar, siempre que el territorio sea accesible en vehículos todoterreno. En algunos casos, las zonas carecen de vías de acceso y se hace necesario el uso de porteadores, de helicópteros o, simplemente, realizar cortes aprovechando las vías de acceso naturales (figura 9).

Desde el punto de vista individual, los retos también son considerables. A pesar de todo el atractivo que tiene siempre el conocimiento directo de regiones tan remotas y del interés profesional por zonas cuyos rasgos geológicos son realmente apasionantes, las condiciones de vida durante estas campañas se hacen realmente duras. No es lo mismo una dura jornada de campo con la recompensa

de una buena ducha y una buena cama durante la noche, que varias semanas continuadas de campamento "volante", frecuentemente en condiciones climáticas extremas.

Estas dificultades hacen que sean muy pocas las instituciones a nivel mundial que dispongan de los recursos suficientes y de la capacidad de movilización necesaria para abordar proyectos de este tipo. Ello hace que, con frecuencia, la escala de los proyectos sea sólo abordable por servicios geológicos, que además de sus conocimientos técnicos pueden aportar también su experiencia institucional. Normalmente, si las dimensiones del país rebasan un cierto límite operativo, se divide su superficie en dos o más bloques que son el objeto de contratos independientes. Y aun a veces, estos bloques resultan excesivamente grandes para una sola institución, por lo que se generan con frecuencia consorcios temporales entre dos o más instituciones para su ejecución.

Esta estrategia permite que al trabajar diversos equipos en paralelo se pueda abordar una mayor superficie en el mismo intervalo de tiempo, pero introduce mayores dificultades en la coordinación técnica del proyecto. Debe tenerse en

la teledetección o la geocronología (indispensables en este tipo de proyectos), producen frecuentemente verdaderos vuelcos de las interpretaciones preexistentes.

En estas condiciones, realizar una nueva cartografía y obtener una visión coherente de una superficie de varios cientos de miles de kilómetros cuadrados en un plazo de tres o cuatro años, es ya complicado. Si además se deben integrar en un mismo esquema regional las informaciones provenientes de dos o más de estos bloques, el nivel de dificultad se incrementa sensiblemente. Por ello, se suelen culminar estos proyectos con la realización de una síntesis cartográfica (como promedio a escala 1:1.000.000), donde mediante nuevas observaciones de campo, análisis y dataciones, se intentan conciliar las discrepancias que inevitablemente aparecen siempre en la interpretación geológica de territorios tan extensos.

Una vez terminada la cartografía, deberá completarse el resto de las infraestructuras geológicas requeridas y, en paralelo, planificar y aplicar la estrategia de difusión de la información. Dicha estrategia debe incluir el diseño de productos específicos para "clientes" determinados (mapas temáticos para minería, medio ambiente, riesgos geológicos, etc.) y la tecnología adecuada para la difusión abierta de la información mediante los sistemas de información y la conexión a Internet. En comparación con las cartografías, esta fase del trabajo presenta dificultades tácticas y logísticas mucho menores. Suelen realizarse mediante contrato con una institución o empresa consultora internacional, y donde una vez más la cooperación entre técnicos locales (conocedores del medio geológico) y expertos internacionales es esencial para la obtención de buenos resultados. Dependiendo de la capacidad local en recursos humanos y financieros, pueden adoptarse soluciones basadas en:

a) El apoyo de una instalación inicial de sistemas y procedimientos que después el país puede continuar

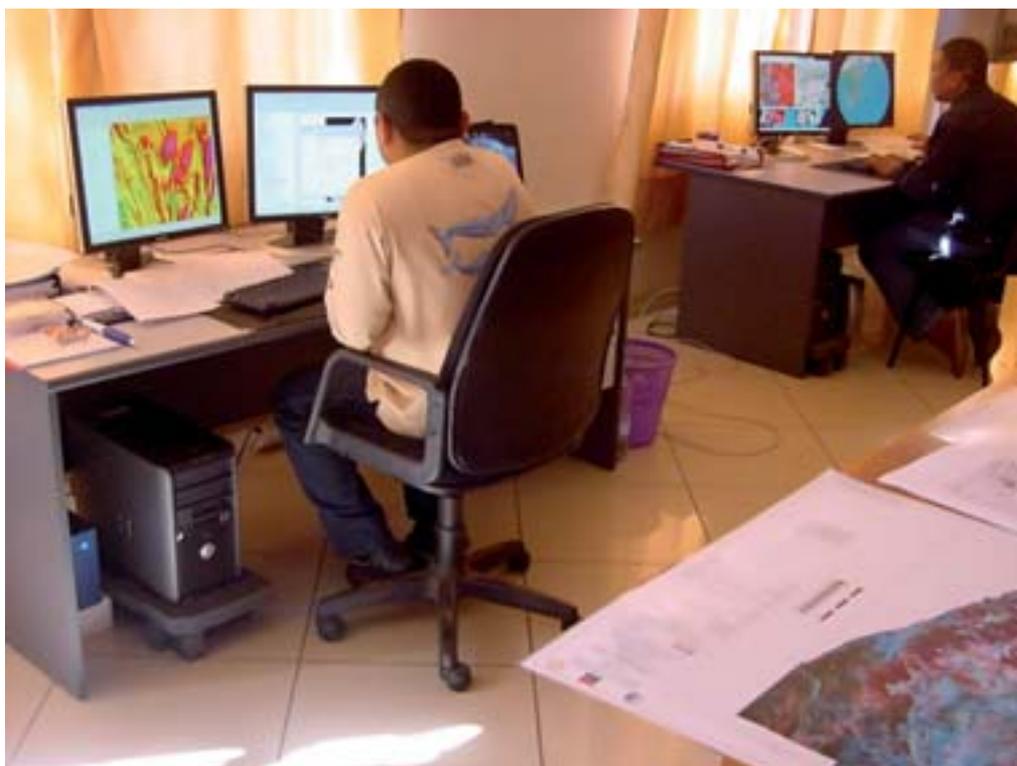


Figura 10. Nuevo Sistema de Información Geológico y Minero (BPGRM) de Madagascar.

desarrollando por sí mismo (casos de Argentina y Perú).

b) Proporcionar meramente una actualización de la información y, al menos, establecer la capacidad operativa suficiente para difundir la información existente.

Por último, debe mencionarse que un componente esencial en el desarrollo de este tipo de proyectos es la formación. En muchos casos, la capacidad de los servicios geológicos locales para producir cartografías con medios propios es muy baja o prácticamente inexistente, no sólo por falta de medios operativos, sino también por falta de geólogos formados y con experiencia en trabajos cartográficos (véase la opción "b" descrita anteriormente). Por ello, la formación de equipos de trabajo de campo mixtos, integrando geólogos extranjeros y locales, representa un doble beneficio. Desde el punto de vista de los geólogos extranjeros, los locales aportan su conocimiento (geológico y geográfico) del medio y el idioma (frecuentemente inaccesible), facilitando la comunicación con las comunidades locales y disminuyendo riesgos. Por otra parte, el geólogo local se beneficia de los

conocimientos técnicos, aprendiendo las técnicas de trabajo cartográfico que podrán ser aplicadas posteriormente en el país, aumentando de este modo la capacidad operativa. Este mismo principio debe extenderse a todo el conjunto de la infraestructura geológica y, muy especialmente, a los sistemas de información geológico-minera, donde al final del proyecto debe quedar una capacidad instalada suficiente para garantizar la autonomía en el mantenimiento y actualización tanto de las informaciones almacenadas, como de los servicios y productos ofrecidos (figura 10).

Control de las actividades de exploración y explotación

Las actividades de control de las actividades de exploración y explotación recaen normalmente en la Dirección de Minas o instituciones equivalentes, que se ocupan de los aspectos económicos (control de la producción y elaboración de estadísticas), técnicos (adecuación de los métodos de explotación), de seguridad y salud laboral, así como de los medioambientales. Una gran parte de estas funciones son desempeñadas

normalmente por ingenieros o técnicos de minas, aunque algunas de ellas (especialmente las relacionadas con el medio ambiente para control de potenciales contaminaciones de suelos y acuíferos derivados de la actividad minera) son tareas típicamente desarrolladas por geólogos. El equipo técnico responsable de estas tareas de control y supervisión debe pertenecer a la Administración del Estado (o ser contratado por ella), ya que estas tareas corresponden institucionalmente al propio Estado y no pueden ser delegadas.

Sin embargo, son también muy frecuentes los casos donde la capacidad para realizar esta supervisión es muy baja o prácticamente inexistentes, no sólo por falta de medios operativos y recursos económicos, sino también por falta de experiencia y capacidad técnica. La solución a estas deficiencias, en el ámbito de un proyecto de reforma del sector minero, pasa por la contratación de una institución o consultor internacional responsable de diagnosticar las carencias existentes, proponer las soluciones adecuadas y de preparar un plan de implementación de dichas medidas. La interacción entre técnicos locales y extranjeros, incluyendo a los geólogos, debe ser uno de los elementos claves en la obtención del diagnóstico y en la selección de las soluciones. Y de nuevo, la formación debe ser también un componente esencial del proyecto, de forma que a su culminación, la capacidad instalada en la Administración local debe ser suficiente para garantizar la completa operatividad y autonomía en el desarrollo de las actividades institucionales determinadas por el cuadro legal y reglamentario.

Conclusiones

Los países cuyas economías tienen un alto nivel de dependencia de sus recursos minerales suelen presentar una serie de defectos estructurales que les hace muy vulnerables en su desarrollo, excesivamente dependientes de la situación de los mercados y capitales exteriores, lo que genera

La formación debe ser también un componente esencial del proyecto, de forma que a su culminación, la capacidad instalada en la Administración local debe ser suficiente para garantizar la completa operatividad

dificultades para mantener un nivel adecuado de sostenibilidad. A pesar de estas dificultades, en algunos países (por la naturaleza de sus recursos, por la situación de sus infraestructuras o por su enclave geopolítico) es imposible que el desarrollo económico despegue sin la contribución de sus recursos minerales.

En este contexto, es esencial desarrollar las estrategias que puedan permitir, mediante las reformas institucionales adecuadas, corregir estos defectos estructurales del sector minero e impulsar un desarrollo equilibrado y sostenible. Con este propósito, el Banco Mundial ha desarrollado un modelo de gestión de los recursos mineros completo, integrando todas las etapas encadenadas a la producción realizada por las industrias extractivas y evitando la conocida "maldición de los recursos" por la cual los países dotados con abundantes riquezas naturales sufren bajas tasas de crecimiento, corrupción y graves crisis políticas.

Dentro de esta estrategia, son numerosas las actividades donde los profesionales de la geología deben jugar un papel fundamental, no sólo aportando sus conocimientos y experiencias técnicos, sino también en el caso de países con tradición minera, como es el

nuestro, contribuyendo con la experiencia histórica acumulada y el saber hacer que esta misma experiencia conlleva.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Paulo de Sá (director de la División de Petróleo, Gas y Minería del Banco Mundial) y al Dr. Gotthard Walser (especialista minero principal de la División de Petróleo, Gas y Minería del Banco Mundial), por la autorización para la publicación del presente artículo, así como por la revisión del manuscrito original.

Bibliografía

- Karl, T. L. (1997). *The Paradox of Plenty. Oil Booms in Petro-States*, University of California Press, Political Science, Economics, Latin America Studies, 26, 342 pp.
- McMahon, G. y Remy, F. (eds.) (2001). *Socio-Economic and Environmental Effects of Large Mines on the Community: Case Studies from Latin America, Canada, and Spain*, International Development Research Center & World Bank, 337 pp.
- Ortega Gironés, E. y Díaz Viejo-Bueno, C. (2001). Spain's Almadén Mine: 2.000 Years of Solitude, *Socio-Economic and Environmental Effects of Large Mines on the Community: Case Studies from Latin America, Canada, and Spain*, International Development Research Center & World Bank, 199-222.
- Ortega Gironés, E.; Pugachevsky, A. y Walser, G. (2009). Mineral Rights Cadastre. Promoting Transparent Access to Mineral Resources, *Banco Mundial, Extractive Industries for development Series*, 4, 1-82.
- World Bank (1997). A Mining Strategy for Latin America and the Caribbean, *Technical Paper*, nº 345.

'Aquí la Ciencia', el espacio para leer y descubrir la ciencia, abre sus puertas en Madrid

Abre en Madrid una librería especializada de divulgación científica. Es la primera que se abre en la capital y quiere ser un punto de encuentro de los amantes y curiosos de la ciencia. *Aquí la Ciencia* pretende convertirse en un referente dentro de la divulgación científica, y para ello combinará un rico fondo editorial con temática relacionada con las distintas ramas de la ciencia.

TEXTO Y FOTOGRAFÍAS | Gara Mora, divulgadora de la ciencia

Palabras clave
Ciencia, librería, divulgación

El espacio para leer y descubrir la ciencia... Así se define *Aquí la Ciencia*, una librería especializada en divulgación científica que abrió sus puertas en Madrid con una multitudinaria fiesta de inauguración, el pasado 23 de octubre. Leer, porque en sus fondos podremos encontrar libros que cuentan la ciencia a cualquier persona, desde niños hasta ancianos, gente conocedora o, por el contrario, no informada en la materia. Descubrir, porque además de vender libros, *Aquí la Ciencia* se presenta como un vivo espacio de referencia para la divulgación, en el que se llevarán a cabo coloquios, charlas con científicos y otras actividades destinadas a contribuir a la difusión del conocimiento científico y sus consecuencias tecnológicas y técnicas.

Aquí la Ciencia abre sus puertas en el centro de la capital, en la calle Acuerdo, 10 (figura 1), en el pequeño y encantador barrio de Conde Duque, así llamado por los antiguos barracones de Conde Duque, terreno ahora convertido en un centro cultural que cuando termine su rehabilitación será el mayor edificio de Madrid dedicado a la cultura: el entorno adecuado para un espacio físico que se dedicará a difundir y divulgar los hechos científicos, que es lo mismo que decir el conocimiento objetivo de la realidad de las leyes que rigen el universo. Empezando por los cimientos: destacar información básica y asequible que



Figura 1. Fachada de la tienda.

explique al gran público por qué los datos científicos son tan consistentes que permiten, por ejemplo, fabricar un teléfono móvil o una simple polea, y que, además, funcionen haciendo lo que se espera de ellos.

Las responsables del proyecto son Gara Mora Carrillo y Laura Leal Ruiz. La primera, astrofísica y especialista en divulgación y comunicación científica; la segunda, una apasionada de los libros y la cultura. Ahora, además, librerías. Ambas se han lanzado a



Figura 2. Estanterías.



Figura 3. Mesa expositora.

llevar a cabo este apasionante plan con ilusión y ganas de trabajar para sacarlo adelante. La idea surgió de un "enfrentamiento" dialéctico derivado de la inquietud cultural de ambas: siempre habían soñado con trabajar o tener una librería y, en sucesivas conversaciones, surgió la posibilidad de hacer realidad ese deseo en forma de una librería especializada en divulgación de la ciencia.

Ésta será la primera librería de su especialidad que se abre en Madrid, ya que hasta ahora se pueden encontrar librerías técnicas con fondo universitario o para gente con alta formación científica. *Aquí la Ciencia* aportará la especialización en la ciencia para todos: para aquellos que han estudiado carreras técnicas, y tienen inquietudes acerca de otras ramas, y para aquellos que quieren empezar a conocer qué es esa cosa llamada ciencia, que tan imprescindible resulta en nuestras vidas.



Figura 4. Decoración interior.

Aquí la Ciencia pretende convertirse en un referente dentro de la divulgación científica, y para ello combinará un rico fondo editorial con la realización de actividades de difusión para públicos de todas las edades y cualquier nivel de conocimientos, desde talleres para niños y adultos hasta coloquios y charlas con científicos, pasando por presentaciones de libros con autores de interés, así como cuentacuentos científicos.

Todo dentro de un ambiente informal, en el que prime la charla y el debate. Un científico experto en algún tema de vanguardia o el autor de algún libro destacado dentro del ámbito de la divulgación de la ciencia sentará las bases con una pequeña introducción para despertar la curiosidad de los asistentes, que después tendrán la posibilidad de iniciar una especie de mesa redonda informal donde poder expresar sus dudas e inquietudes.

Los talleres que se propondrán irán también dirigidos a todo tipo de público; podrán ser de lectura, en los que niños y adultos, con un libro determinado como referencia, desarrollen algún tema científico; prácticos, en los que se desarrollen experimentos más o menos científicos, para dar a conocer al público general las técnicas empleadas por los investigadores, que permiten el cada vez más rápido avance de la ciencia; o representaciones como guiñoles

o cuentacuentos de ciencia para los más pequeños.

El fondo de esta librería se encuentra en constante crecimiento y actualmente abarca productos relativos a todas las ramas de la ciencia (astronomía y astrofísica, biología, ciencias de la Tierra, el ser humano, física y química, matemáticas...), además de filosofía e historia de la ciencia (figura 2 y figura 3). También hay un apartado en el que encontrar libros que ayuden al lector a discernir entre la ciencia y la pseudociencia, algo imprescindible para que la sociedad esté correctamente informada de la realidad y sea, por tanto, más libre.

Además, en esta librería se podrán encontrar los clásicos y todas las novedades de la ciencia ficción, además de aquellas novelas cuyo contenido científico complementa la información que el lector obtiene de la realidad en su lectura.

Otra de las características que diferencian a *Aquí la Ciencia*, gracias a su especialización, es la posibilidad de proveer al lector interesado de cualquier libro que aún no se encuentre en su fondo y que esté interesado en consultar, siempre relacionado con la ciencia, además de aconsejar o guiar a lectores indecisos hacia los mejores textos para su área de interés.

El espacio de *Aquí la Ciencia* es pequeño pero ante todo inquieto y se adapta a las nuevas tecnologías sin desdeñar a las de toda la vida. Está decorado con objetos clásicos de la investigación científica, como el microscopio monocular antiguo que tanta gloria dio a alguno de los más grandes científicos españoles como Ramón y Cajal (figura 4). Por este motivo, sus creadoras mantienen una página web actualizada (www.aquilaciencia.es) en la que los lectores pueden adquirir sus productos sin necesidad de desplazarse, hacer cualquier consulta o escribir sus propias opiniones, así como estar al tanto de las actividades y noticias más impactantes del mundo de la ciencia, y pondrán a la venta en la librería vídeos y material audiovisual para aquellos que prefieran informarse de este modo. Además, cuando la tecnología esté depurada y sea eficiente, apostarán por el libro electrónico.

El geólogo español Jesús Martínez Frías, elegido miembro de la Unión Astronómica Internacional

La elección de Martínez Frías, geólogo colegiado nº 783, se produjo, bajo propuesta formal de la Comisión Nacional de Astronomía, durante la última reunión en Río de Janeiro (Brasil, 2009) de la 27ª Asamblea General de la IAU (International Astronomical Union), y coincidiendo con la celebración del Año Internacional de la Astronomía. Su incorporación a esta prestigiosa institución se canaliza a través de su participación en las Comisiones de Ciencia de Sistemas Planetarios, Estudio Físico de Planetas y Satélites, Meteoros, Meteoritos y Polvo Interplanetario y Bioastronomía, todas ellas pertenecientes a la División III de la IAU.

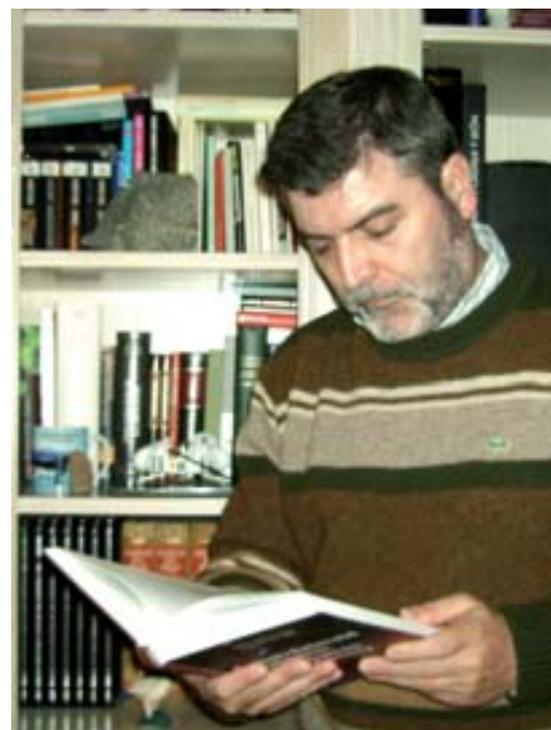
Jesús Martínez Frías es doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad Complutense de Madrid e investigador científico del Centro de Astrobiología, centro mixto CSIC-INTA, asociado al NASA Astrobiology Institute, donde ha sido jefe (y principal impulsor) del Laboratorio de Geología Planetaria, desde su fundación hasta su cambio de denominación como Laboratorio de Planetología, en 2008. También es profesor *ad honórem* de Geoquímica Planetaria del Departamento de Física Aplicada a los Recursos Naturales de la Universidad Politécnica de Madrid y cofundador y codirector de la Unidad Asociada CSIC-Universidad de Valladolid de Espectroscopía Raman e IR Aplicada a Cosmogeología y Astrobiología (con instalaciones y laboratorios propios, inaugurados en marzo de 2009, en el Parque Tecnológico de Boecillo, Valladolid).

Entre sus actividades científicas ha participado en más de 35 proyectos de investigación (en diez de ellos como investigador principal), destacando sus estudios sobre meteoritos y cráteres de

impacto y megacriometeoros, así como la caracterización de procesos de mineralización en zonas hidrotermales y de hidrocarburos como análogos para la exploración de Marte. Martínez Frías está considerado uno de los pioneros y principales impulsores de la geología planetaria en España.

Ha publicado seis libros y más de 200 artículos y capítulos de libros, y ha impartido más de 100 conferencias como invitado en España, Portugal, Austria, Alemania, Canadá, Francia, México y EE UU. En 2002 participó en el vuelo de la NASA para el estudio de la lluvia de meteoroides (Leonid Mac Mission), y en 2003, con el respaldo del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos y The Planetary Society, fue el promotor de la denominación "Dulcinea" de uno de los cráteres del asteroide EROS (433 EROS), propuesta, en honor a Cervantes, que fue aceptada por el Grupo de Trabajo de Nomenclatura de Sistemas Planetarios de la UAI. Actualmente es coinvestigador oficial de los proyectos NASA-MSL-REMS y ESA-ExoMars (Raman) relacionados con las próximas misiones a Marte de ambas agencias espaciales; miembro del equipo científico de astrobiología de la misión TanDEM (Titán/Encelado); miembro del equipo científico español de la misión Bepi/Colombo (Mercurio) y colaborador del proyecto STONE/Lithopanspermia.

Ha sido director del I Congreso Ibérico de Meteoritos y Geología Planetaria, codirector del I Seminario de Astromineralogía y Mineralogía Espacial de la Sociedad Española de Mineralogía, codirector del "Simposio para la conmemoración científica del 70 aniversario del nacimiento de Carl Sagan"; director del "Simposio para la



conmemoración científica del 30 aniversario del primer alunizaje"; miembro del Comité Organizador del *workshop* internacional *Impact craters as indicators for planetary environmental evolution and astrobiology* y del *III European Workshop on Exo/Astrobiology*, y coordinador de las sesiones de planetología del VII Congreso Geológico de España, y cosmogeología del VII Congreso Nacional y X Congreso Ibérico de Geoquímica.

Ha sido miembro experto del Natural Resources Committee de Naciones Unidas en representación de Europa Occidental y vocal electo del Comité Científico Asesor del CSIC por el Área de Recursos Naturales. Representante de España y vicepresidente (en dos ocasiones) de la *Commission on Science and Technology for Development de la ONU (UNCSTD)*. Codirector *del NASA Astrobiology*



Institute-Mars Focus Group y miembro del Steering Committee de los programas "IMPACT", "Investigating Life in Extreme Environments" y "ELIPS" de la European Science Foundation. Ha sido evaluador de las Agencias de Evaluación de España, Argentina y Finlandia y coordinador del Área de Ciencias de la Tierra de la Comunidad de Castilla y León. Actualmente forma parte del Comité de Evaluadores de la *European Science Foundation* y es el coordinador en España de *The Planetary Society* (a la que pertenece desde hace más de 20 años). Ha sido miembro del jurado de los premios Ciencia en Acción y PanHispanico de traducción especializada y, desde 2003, es miembro del jurado de honor

del Premio San Viátor de Ciencias y Humanidades. Recientemente (2009) ha sido designado experto de los prestigiosos *Spirit of Innovation Awards* de la *Conrad Foundation*.

Como divulgador científico, Martínez Frías ha escrito numerosos artículos en revistas de ámbito general (*Mundo Científico*, *Historia Natural*) y diarios nacionales (*El País*, *El Mundo*, *ABC*) y ha participado en numerosas semanas y ferias de la ciencia, así como ha sido asesor en varias exposiciones científicas, tales como la exposición "Vivir en el espacio: desafío del siglo XXI", la ampliación del Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha, la exposición itinerante sobre meteoritos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, y la EXPO Agua Zaragoza (Torre del Agua), entre otras. En 1998 fundó la Red Tierra de RedIris (<http://tierra.rediris.es>), que actualmente coordina, reforzada en 2009 con su colaboración con el ICOG, y los foros electrónicos sobre recursos naturales (RENANET) y de meteoritos

Como divulgador científico, Martínez Frías ha escrito numerosos artículos en revistas de ámbito general

y recursos geológicos del espacio (MERGE).

En 2006 obtuvo el *NASA Group Achievement Award* por su participación en el proyecto MARTE (Mars Astrobiology Research and Technology Experiment). También ha sido Premio Museo Español del Espacio y ha recibido el reconocimiento del CSIC (en dos ocasiones) por su labor en Naciones Unidas, así como el reconocimiento (carta personal/placa institucional) de The Planetary Society por la coordinación del programa de estudiantes astronautas. En 2008 fue nominado al Premio México de Ciencia y Tecnología.



INFORMACIÓN Y MATRÍCULA: FUNDACIÓN ESCUELA DE LA EDIFICACIÓN
C/ Maestro Victoria, 3 - 28013 - Madrid Tels. 91 531 87 00 - 669 45 90 97 - Fax: 91 531 31 69
www.esc-edif.org edif@esc-edif.org

Curso de Especialidad en Mecánica del Suelo y Cimentaciones

Marzo a julio de 2010

150 horas presenciales 9,6 ECTS

1.600 €

Título Propio de la UPM



abierto plazo de matrícula

13 Calcaires de Picon del Fraile

103 NA

10 Calcaires de la Dolera

9 Grés en argiles de El Albero

6 Arcillas de la Parra

Calcaires de Buerboron

3-4



Manolo Paz

'A flor de piel, a flor de alma'

La obra del escultor gallego Manolo Paz ha trascendido, desde hace tiempo, las fronteras de Galicia. Hoy es conocido mundialmente por su capacidad de esculpir hacia el reencuentro del ser humano con la naturaleza. Lo que mejor define su talante artístico es su trabajo con la piedra, en sus diversas naturalezas: cuarcitas, granitos, pizarras o esquistos. Paz establece un diálogo íntimo que sorprende y emociona por la intensidad de sus resultados.

Texto | Fátima Otero, crítica de arte

Nada hacía presagiar en los primeros compases de la vida profesional de Manolo Paz (Castrelo, Cambados, Pontevedra, 1957) que, el ahora escultor, fuese a dedicarse a esta disciplina (*figura 1*). Criado en una casa de trabajo orientada a la matanza de terneros (su familia tenía tradición empresarial en el sector de carnicería), quería ser antes torero que matarife, aunque sólo fuese para, según él, poder disfrutar del lucimiento del animal antes de morir.

Pero el camino de Manolo Paz discurrió por otros rumbos y se decidió a tratar la piedra a base de "machetazos" (expresión del artista), "abriéndola en canal para que surjan los misterios y toda la energía que encierra y dejar de permanecer en la más absoluta penumbra". Pasadas sus inquietudes juveniles, el artista pronto sustituye los alardes taurinos por el tallado; primero trabajando la madera con la navaja; luego sustituyendo la piel del mamífero por la piel de la piedra o por la de otros materiales que el entorno natural del lugar en el que se mueve aportan a Manolo Paz (*figura 2*). Entre ellos, tela metálica y cuerdas, porque, dice, "en ocasiones el material es lo de menos y lo importante es el resultado". Según sus palabras, es tan importante darle cariño a una roca como hacerlo con materiales también clásicos, como el bronce. Aunque, no nos engañemos, lo suyo es la roca dura, el mármol más sutil y todos esos monumentos que, jalonando la historia de Galicia, continúan, milenios después, impresionándonos con su grandeza. La relación que se establece autor-obra

pasa a ser agónica en el sentido de lucha, que en realidad se convierte en un acto de amor. Golpea la roca con fuerza, ya que considera que los toques suaves hacen rebotar al puntero. Intenta ganarle la batalla a la piedra "asustándola", porque, de lo contrario, le asusta ella a él. Y así destroza, casi como en un ritual, las entrañas de los bloques graníticos de las numerosas canteras gallegas para que "la roca, abriéndola, pueda ver y ser vista".

Su obra

Los tiempos han cambiado para el escultor gallego, como reconoce el propio artista. Hoy es más que valorado en su tierra con el mejor agasajo que se le puede hacer a un creador: ver sus piezas formando parte a de la geografía galaica, desperdigadas

Palabras clave
Manolo Paz, escultor, escultura



Figura 1. El escultor Manolo Paz.



Figura 2. La autora con Manolo Paz en el jardín del escultor.



Figura 3. "Capelas", obra de Manolo Paz en el centro cultural Torrente Ballester de Ferrol.



Figura 4. Menhires en A Coruña.



Figura 5. Esfera de granito con vacío central.

por las ciudades o villas más importantes de Galicia (figura 3).

En A Coruña se erige su conocida familia de menhires (figura 4), todo un conjunto de piezas en disposición circular, cual herencia megalítica recuperada pero al mismo tiempo renovada. Se trata de monolitos anclados en tierra en un feliz intento por preservar la memoria remota de la humanidad, nuestros ancestros. Es un homenaje a la Madre Tierra, que tantas veces proclama en su discurso enorgullecido de sus orígenes.

Quizá por ello sumerge estas casi mágicas estructuras pétreas en las cavidades del suelo para, según él, echar raíces, pero al tiempo otorgando a cada uno de esos menhires propiedades antropomorfas en el sentido de poder respirar por sus oquedades abiertas al mar. Cada pieza posee un vacío central que, a modo de ojo de Polifemo (figura 5), ansía no perder de vista el infinito horizonte marino que, felizmente, baña todo el litoral gallego.



Figura 6. Apilamiento de losas de granito a modo de torres, denominadas "Catedrales".

Son muchas más las localidades que tienen el lujo de proclamar la escala monumental de sus piezas. Un ejemplo es "Pepitas frescas", que se esparcen por suelo ferrolano en una instalación formada por un conjunto de monumentales rocas graníticas esparcidas a ras de suelo. El autor elimina el pedestal para respetar la posición natural de la roca, valorando no sólo su naturaleza orgánica, sino integrándola en su propio sustrato, a la vez que se potencia la morfología y la pátina vital acumulada por el paso del tiempo. Es una constante del creador de Cambados permitir que las volubles fuerzas atmosféricas que van

cubriendo la superficie formen parte de la obra. En todos sus trabajos se prioriza que la escultura ante todo no deje de ser lo que es: roca viva.

Es tanta la admiración sentida hacia las capillas y templos que forman parte de nuestra cultura, no ya como lugares de fe, sino de encuentro, por lo bien integrados que están tanto a nivel estético como moral, que Manolo Paz decidió construir las suyas: unas elegantes piezas pétreas que a modo de panes superpuestos se elevan como pujaron las piedras medievales por elevarse hacia el cielo casi como por sortilegio. Sólo

que esas torres apiladas, que por momentos nos pueden traer resonancias orientales por recordar a grupos de pagodas de determinados santuarios budistas, portan mucho de funerario en la disposición de primitivos indicadores de enterramientos o de recordatorio (figura 6).

Muchas de esas piezas han ido quedando en posesión de su autor y, poco a poco, dieron vida a un auténtico museo. Manolo Paz creó en el entorno de un jardín en el que convirtió su vivienda de Cambados una serie de piezas estratégicamente situadas, en una extensión que rebasa los 20.000 metros cuadrados, lo que quizá constituya la exposición privada más amplia de obras de arte en piedra de España (figuras 7 y 8).

Confiesa su autor que lo hizo porque para exponer esa obra es fundamental una perfecta ubicación y orientación, perfectamente relacionadas con el entorno natural en el que se insertan, siguiendo los postulados del Land Art. Las piezas se apoderan del magnetismo del lugar y a su vez desprenden el suyo. Se sienten plétóricas de sueños, intimidades y en estrecha comunión con los rumores del viento o los vaivenes de la especies vegetales que habitan el entorno.

Muchas de las trabajos del cambadés se han expuesto en bienales, importantes museos, fundaciones, colecciones o ferias; otros se han quedado en ese jardín cerrado que es su finca para que puedan disfrutarlos tanto los entendidos en la materia como quienes simplemente se sienten atraídos por la belleza plástica de la obra. Verbigracia, el pueblo llano, que siempre ha visto en Manolo Paz a “uno de ellos”.

“La inspiración es tan importante como el trabajo continuado y meditado”, dice; por eso, la visita de las musas siempre encuentra a Manolo Paz en el taller en pleno rendimiento. Nunca deja de estar en contacto con las vanguardias ni relacionarse con los del gremio, sus iguales, para enriquecer sus propuestas. Así, su estancia en Nueva York ha sido muy productiva. Allí se gestaron muchas de las ideas que a posteriori plasmaría en sus piezas o experimentaría con nuevas estructuras espaciales, más próximas a propuestas



Figura 7. Escultura en el jardín de su taller, bautizada por el autor como “Cachoupin”.



Figura 8. En primer término, la trilogía denominada “Cachoupins”, que se expone en el jardín del autor.

conceptuales plasmadas en creaciones tan espectaculares como “La penúltima cena” (figura 9).

En este caso, se trata de rodajas entrecruzadas, a modo de patata, conformando una fabulosa mesa que semeja una visión aérea, cual mariposa a punto de levantar vuelo, que recuerda ciertas similitudes con árboles que se veneran en templos sintoístas; recuerdo, quizá, de su viaje por Japón, según algún crítico relaciona. Esa mesa, que potencia también lo colectivo, le sirve para revivir aquellas antiguas comidas comunales de aldea en las que la familia se reunía en torno a la *lareira*, primando así en ese ritual la búsqueda de asiento y el valor de lo colectivo y participativo de toda sociedad.

Se ha dicho que muchos artistas viven en el limbo. Nada más alejado de la realidad en el caso que nos ocupa. Atentados célebres como el de Madrid del 11M o el fatídico 11S neoyorquino hirieron el alma sensible de Manolo Paz, mancharon con mácula indeleble las vivencias que todo el mundo sufrió con tan trágicos acontecimientos. Gracias a la iniciativa de un empresario ejemplar, Carlos Pérez Padrón, y de su empresa Eurolatón, volcada en poner picas no ya en Flandes, sino en todos los continentes, el artista decide aceptar el reto y, en homenaje a las dos tragedias, crea una pieza simbólica a base de lajas superpuestas en disposición ascendente, pero remitiendo a la horizontalidad de las tumbas como sinónimo de descanso eterno a tanta víctima inocente.



Figura 9. Escultura titulada "La penúltima cena", en el jardín de Manolo Paz.



Figura 10. La pieza "Athius", en los jardines del palacio de La Magdalena, en Santander.

Ha sacado toda la potencialidad de las piedras graníticas, valora las distintas tonalidades de la roca metamórfica, pero también la densidad del material e incluso la investigación concienzuda hasta acercarlo a la levedad. Y en esa ligereza, una vez más de resonancias japonesas próximas a lo zen, es cuando el escultor consigue aligerar la piedra casi hasta el punto de hacerla nadar. Para ello se sirve de un sencillo truco como es dejar un centímetro más de altura con respecto al nivel del agua. Así, surgen sus "Lágrimas de placer", piedras flotando cual nenúfares, que consiguen el efecto en el espectador de que la piedra navega a modo de aterciopelada hoja, surcando el estanque para el que se concibe esta estructura.

Recalca Manolo Paz muy bien que la labor de todo artista es aportar siempre algo más al proceso creativo, por eso sus piezas más recientes aparecen muy relacionadas con lo natural, han ido alejándose de los ángulos rectos y dejan los huecos en beneficio de las masas y superficies curvas. Para ello devasta más el material y así surgen títulos como "Nube", "Campo de arroz" o "Escalinata". Realmente son esculturas convertidas en conceptos emocionales capaces de estimular nuestro ser último, sentir la densidad de una nube, por ejemplo. El autor no duda en pulir una plancha de metal debajo de la pieza, en aras de crear un efecto de espejo. Es decir, nube cargada de agua como espejo y metáfora de la propia realidad donde uno mismo se ve.



Figura 11. Manolo Paz durante su discurso tras recibir el Premio Gallego del Mes de Mayo de la 20ª Edición Premios Gallegos del Año. Al fondo, el presidente de la Xunta de Galicia, Alberto Núñez Feijóo.

A Manolo Paz siempre le ha interesado "alterar poco la vida de la propia roca erosionada por el tiempo para que transmita mejor la herencia cultural y mágica de la tierra", según dice. Crea, así, un mundo inacabable que, como el granito que trabaja, seguirá ahí por los siglos de los siglos.

El reconocimiento público de Galicia

Este otoño recibía un emocionado Manolo Paz uno de los prestigiosos premios otorgados por el grupo periodístico compostelano que edita *El Correo Gallego*, diario decano de Galicia. Se reconocía con este galardón la dilatada y prestigiosa trayectoria profesional de uno de los

escultores más internacionales de la comunidad gallega.

El acto resultó muy emotivo. En sus palabras de agradecimiento (figura 11), interrumpidas por sonoros aplausos ante la emoción contenida del escultor, se refirió al orgullo de que su trabajo haya sido reconocido en su tierra. Puede parecer una paradoja, pero ocurre: muchos artistas y pioneros son valorados antes fuera de sus ámbitos de actuación que en su territorio de origen. Manolo Paz alcanzó notoriedad por su obra escultórica en piedra mucho antes en el extranjero que en Galicia. El reconocimiento otorgado ha sido como un acto de desagravio, el pago de una deuda contraída.

El futuro energético

Texto | Carmen López Ocón, IDAE

La energía es un elemento clave en el desarrollo económico y social, pero sus recursos tradicionales son limitados, asimétricamente distribuidos y su uso produce, con frecuencia, importantes impactos sobre el medio ambiente.

La Unión Europea está apostando fuerte en la lucha contra el cambio climático, definiendo objetivos y políticas concretas, para remediar la grave situación energética a la que se enfrenta la sociedad del siglo XXI. En junio de 2009 entró en vigor la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, estableciendo objetivos vinculantes para 2020: alcanzar el 20% del consumo de energía final bruto de fuentes renovables, disminuir un 20% el consumo tendencial de energía y reducir un 20% las emisiones de CO₂.

Nuestro país es un referente mundial en el desarrollo de algunas energías renovables, como la eólica o la solar fotovoltaica, lo que convierte a este sector en uno de los más competitivos, internacionalizados y reconocidos de nuestra economía. En este sentido, las actuaciones futuras irán encaminadas a profundizar en el desarrollo de áreas maduras más consolidadas y, sobre todo, en la incorporación de otras nuevas fuentes de energías renovables, apenas desarrolladas hasta la fecha, como es el caso de la geotermia, que aparece como una de las renovables con gran potencial de crecimiento para las próximas décadas.

La energía geotérmica es, en su más amplio sentido, la energía calorífica que la Tierra transmite desde sus capas internas hacia la parte más externa de la corteza terrestre. Tiene un gran potencial de utilización, tanto en su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica como térmica para la



climatización de edificios en los sectores residencial, industrial y servicios, siendo, además, una energía limpia, renovable y respetuosa con el medio ambiente.

El territorio español cuenta con una estructura geológica propicia para la presencia en el subsuelo de recursos geotérmicos, como demostraron los amplios estudios e investigaciones realizadas durante la década de los años setenta y ochenta del siglo pasado. Distintos fenómenos y hechos geológicos así lo demuestran: abundantes manifestaciones termales, persistente actividad sísmica, volcanismo reciente, etc. Aun así, la energía geotérmica ha tenido poca implantación en España, con una escasa penetración dentro de nuestro balance energético, aunque en los dos últimos años se ha despertado un gran interés y expectativas, sobre todo en aprovechamientos de muy baja temperatura mediante bomba de calor.

Hasta ahora, la utilización de esta energía en el mundo ha estado limitada a áreas en las cuales las condiciones geológicas eran muy favorables, pero los avances

El territorio español cuenta con una estructura geológica propicia para la presencia en el subsuelo de recursos geotérmicos

tecnológicos actuales en equipos y las mejoras en la prospección y perforación permiten a la geotermia disponer de tecnología para la producción de electricidad a partir de recursos geotérmicos de temperaturas notablemente inferiores a las que se precisaban años atrás.

Una gran diferencia entre la energía geotérmica y otras energías renovables es que la geotermia requiere una estrategia de búsqueda para la localización y evaluación de los yacimientos geotérmicos, debido al carácter de recurso mineral que posee, como otros recursos energéticos, aunque con la característica de la renovabilidad que los otros recursos no poseen.



El desarrollo de la geotermia nos muestra día a día la necesidad de un buen conocimiento del terreno para garantizar un óptimo diseño de las instalaciones



Para la búsqueda de yacimientos geotérmicos de alta temperatura se requiere el empleo de técnicas de investigación, sofisticadas y muy costosas, por lo que su empleo debe ser cuidadosamente valorado. En la fase investigadora se utilizan diferentes técnicas de prospección: geológicas, geoquímicas, geofísicas y sondeos exploratorios.

En cuanto a los aprovechamientos profundos "no convencionales", tipo HDR (roca caliente seca) o EGS (sistemas geotérmicos estimulados), hay una gran expectativa, puesto que ahora la utilización de esta energía no se limitaría sólo a áreas con condiciones geológicas favorables. Algunos países han desarrollado iniciativas en lugares con un profundo conocimiento geológico previo y España está iniciando este camino, aunque será necesario ampliar el conocimiento del subsuelo e investigar en nuevas tecnologías avanzadas de perforación. En el caso de recursos geotérmicos de baja

(y media temperatura) localizados en grandes cuencas sedimentarias con gradientes normales, las técnicas de investigación difieren notablemente, ya que básicamente se trata de una recopilación de información de subsuelo, dado que se trata de acuíferos calientes profundos normalmente sin manifestaciones en superficie.

En este contexto, el desarrollo de la geotermia nos muestra día a día la necesidad de un buen conocimiento del terreno, tanto en la superficie como en el subsuelo, para garantizar un óptimo diseño de las instalaciones, lo que abre un amplio abanico de posibilidades para la profesión del geólogo, como experto en las ciencias de la tierra. En un futuro próximo, si se cumplen las expectativas de crecimiento de la geotermia en nuestro país, se producirá una demanda importante de geólogos e hidrogeólogos para las fases de exploración, investigación, localización y evaluación de yacimientos geotérmicos.

La futura nueva Ley de Ahorro y Eficiencia Energética y Energías Renovables, que deberá trasponer a la legislación española la Directiva de Renovables, junto con el nuevo Plan de Energías Renovables 2011-2020, ambos en fase de elaboración, incorporarán la energía geotérmica como otra área renovable más con sus objetivos concretos y medidas necesarias para impulsar su desarrollo en España, de forma que contribuya al cumplimiento de los objetivos de la política energética nacional, tanto desde el punto de vista de aprovisionamiento energético de elevadas garantías, como desde el punto de vista térmico, como alternativa renovable de alta eficiencia energética para la climatización en los sectores industrial, residencial y servicios, además de por sus indudables ventajas medioambientales y por los beneficios económicos en cuanto a la creación de un nuevo tejido industrial y generación de empleo.

La minería y el patrimonio minero en Galicia

La historia de la minería gallega se remonta a la época prehistórica. Desde ese periodo, y con momentos intermitentes de gran explotación, el beneficio de los yacimientos minerales ha permanecido hasta hace pocos años. Hoy, los restos de ese patrimonio industrial, representado por edificaciones propias de una instalación minera, permanecen inertes en el paisaje gallego. Todo el conjunto espera a que la conciencia de las administraciones lo rehabilite como testimonio histórico de la grandeza de la industria minera gallega.

TEXTO | Manuel Lara Coira, doctor ingeniero industrial, diplomado en Ingeniería Ambiental, profesor en la Universidad de A Coruña, presidente de Buxa, Asociación Gallega del Patrimonio Industrial

Palabras clave
Patrimonio minero, patrimonio geológico, minería, Galicia

FOTOGRAFÍAS | Manuel Lara Coira (excepto figuras 2, 5, 7, 8, 9 y 11)

Galicia, carente de valles fértiles y climas favorables, carente igualmente de oquedades que pudiesen proporcionar refugio seguro a grupos en evolución, no fue seguramente una región propicia para los asentamientos de núcleos humanos.

Pese a ello, la presión de otros grupos, que siempre llegan de Oriente, fuerza el desplazamiento hacia poniente de las primitivas poblaciones y su asentamiento en los "finisterres" continentales. La carencia de abrigos naturales por las condiciones geológicas adversas de estos territorios es, en cierta forma, compensada por la existencia de oro en ellos (*figura 1*). El oro, un metal blando que como tal no puede contribuir directamente a mejorar las condiciones de vida humana, contribuye sin embargo al establecimiento de un comercio primitivo de los pueblos occidentales mediante el trueque con los pueblos más adelantados, quienes desean el metal amarillo para el reforzamiento de las diferencias sociales y de las estructuras de poder en sus colectividades.

Para la obtención del oro se procedía a la apertura de una zanja y a la desintegración de la roca del yacimiento filoniano primario, calentando fuertemente las paredes mediante la combustión de madera en su interior y provocando un brusco enfriamiento posterior vertiendo agua en ella, consiguiendo así el cuarteamiento de la piedra, que era resquebrajada y troceada



Figura 1. Por la senda del oro en O Irixo.

después golpeándola con grandes mazas pendulares construidas de materiales más duros (basaltos). Seguidamente, los pedazos resultantes se machacaban en morteros de piedra para, a continuación, separar las partículas de oro por decantación mediante agua (bateo), como ya se venía haciendo para beneficiar el oro aluvial de los yacimientos secundarios localizados en numerosos ríos de la región.

Aunque a menor escala, también la plata y el cobre, que al igual que el oro se encuentran en estado nativo, pero que tampoco poseen la dureza suficiente para

ayudar a los humanos al abandono de la Edad de Piedra, contribuyeron a acrecentar entre otros pueblos la fama de la riqueza de Galicia en metales preciosos. Hacia el año 3000 a.C., la cultura megalítica se expande hacia el Mediodía y el Levante, dejando con las mámoas numerosas huellas de su importancia. Los restos de vasos campaniformes de principios del segundo milenio antes de Cristo atestiguan la existencia de este incipiente comercio de minerales entre los pueblos occidentales y los pueblos orientales, que configuraron las primeras civilizaciones en el entorno mediterráneo.



Figura 2. Castro de Santa Tecla.



Figura 3. Tierras de cobre hacia el norte.

Algunos siglos más tarde, ya desarrollada la metalurgia del cobre y conocida desde el siglo VI a.C. la fabricación del latón por calentamiento en crisoles de granalla de cobre con carbonatos de cinc y con carbón, la necesidad del estaño para la elaboración del bronce amplía las primitivas actividades comerciales de las tribus de Occidente con los pueblos mediterráneos, quienes ya progresan desde los originarios clanes y ciudades hasta configurar los imperios mesopotámico, primero, y egipcio, después.

La técnica de la aleación de cobre y estaño para obtener bronce penetra en la Península Ibérica por las costas de Almería hacia el año 2000 a.C., y desde allí se irradia hacia el interior peninsular, llegando a Galicia unos 200 años después. Los naturales del país, que cuenta con suficientes yacimientos de cobre y estaño, aprenden las técnicas de elaboración del bronce en la etapa llamada del "bronce inicial", en la que todavía es compartido con la utilización generalizada de utensilios de cobre.

Durante los periodos del "bronce medio" y del "bronce final", la metalurgia gallega se perfecciona hasta dar lugar a una potente industria regional orientada tanto a la extracción de minerales como a la elaboración de lingotes de cobre y de estaño, y utillaje de bronce. Los petroglifos, tallados en las rocas gallegas, fueron en algún momento interpretados como marca de posesión territorial, vinculada tal vez a yacimientos metálicos o factorías de obtención del valioso bronce.

En estas primeras etapas, las relaciones comerciales de Galicia se desarrollan a través del paso natural que la gran fractura de Plasencia proporciona con el centro de la Península. Más tarde, los adelantos de la navegación permiten un comercio más seguro aprovechando las condiciones naturales de las rías gallegas: refugio seguro, facilidad de aguada, entradas profundas hacia el interior del país... Estos asentamientos ribereños se conforman además como bases estratégicas para emprender nuevas navegaciones septentrionales en busca de oro, estaño y ámbar.

El contacto con pueblos más adelantados acelera también el ritmo histórico de Galicia, de tal manera que con la primera invasión de las tribus centroeuropeas conocidas como "los celtas" (hacia el 950 y el 650 a.C.), que acercan al noroeste la cultura del hierro y que portan armas de una resistencia hasta entonces desconocida, los naturales del país actualizan rápidamente sus técnicas metalúrgicas y las orientan a la producción de este nuevo metal: el territorio cuenta con buenos yacimientos de minerales féreos, numerosos bosques proporcionan combustible para la fusión y reducción de los minerales y los ríos aportan su energía para colaborar en la elaboración del hierro. Los invasores reconocen la gran experiencia metalúrgica de los pueblos autóctonos e identifican grandes yacimientos féreos apropiados para la obtención de un buen metal, factores ambos que favorecen la fusión de invasores e indígenas y que inician el florecimiento de una industria fundamental en el desarrollo regional, consolidándose en Galicia la llamada cultura castreña (figura 2), que se extenderá más allá de la romanización.

El oro, la plata, el cobre, el plomo y el estaño se obtenían con facilidad mediante hogueras, pero para la obtención del hierro se necesitaban mayores temperaturas que para fundir aquéllos



Figura 4. Cabo Prior en la ruta del estaño.

El oro, la plata, el cobre (figura 3), el plomo y el estaño (figura 4) se obtenían con facilidad mediante hogueras, pero para la obtención del hierro se necesitaban mayores temperaturas que para fundir aquéllos. La obtención de carbón vegetal por tostación de maderas duras (carbón de torgo, de la raíz y tronco de la uz o brezo blanco, todavía empleado en las fraguas locales hasta mediados del siglo XX), quemándolas recubiertas de tierra para dificultar el aporte de aire (carbonización) y su posterior empleo como combustible, permitió conseguir esas temperaturas más altas y lograr la obtención de hierro fundido más o menos puro, iniciándose la siderurgia.

La variación de la cantidad de carbón aportado en el proceso permitía modificar la calidad del metal obtenido, desde un decepcionante hierro colado, duro pero quebradizo, a un metal duro y flexible, el acero, pasando por el dúctil y maleable hierro forjado obtenido eliminado mecánicamente las impurezas que acompañaban a la fundición.

Los ártabros, consumados metalurgistas, derivaron sus hornos metalúrgicos de hierro de los construidos para la metalurgia del cobre, empleando dos hornos: uno, primero, de reducción y obtención de fundición de hierro, y el segundo de refusión de la fundición del primero para su conversión en acero mediante amasado y batido en caliente (pudelado).

El control del proceso era visual, por el color azulón de la llama del monóxido de carbono en el tragante del horno, que indicaba el óptimo funcionamiento del horno y era fácilmente detectable trabajando por las noches. El aporte de fósforo y calcio para la formación de escorias más fusibles, además del propio aporte del mineral de hierro, provenía de los huesos incorporados en los rituales propiciatorios del inicio de la fusión en el horno.

El utillaje y las armas de hierro fabricadas en Galicia adquirieron notable renombre en el mundo entero, tanto por su buen temple, como por su dureza. De esta época se documentan hallazgos de hornos metalúrgicos y escorias en diferentes lugares, destacando por su belleza salvaje los de los castros costeros de Lobadiz y Santa Comba, en el término municipal de Ferrol.

Pese a la relativamente rápida propagación de los conocimientos y adelantos que tienen su origen en las costas orientales mediterráneas, primero por vías terrestres, y más adelante por mar, una vez vencidas las dificultades y miedos de aventurarse más allá de Cádiz, la velocidad de desarrollo es más lenta en las tierras occidentales y septentrionales, y el paso del tiempo va marcando un retraso que llega a medirse por siglos entre Mesopotamia, Egipto, Grecia y el Mediterráneo occidental, por una parte,

y las regiones atlánticas y septentrionales, por la otra. Este retraso se reduce y casi desaparece con el apogeo de Roma, que con sus firmes estructuras técnicas, administrativas y militares lleva a todo su imperio hacia la nivelación cultural.

La época romana

El origen de la expansión de Roma está en el intento de dominio de las rutas comerciales del Mediterráneo y en su esfuerzo por neutralizar con las guerras púnicas la estrategia de Cartago de hostigar el territorio romano desde sus bases. Durante la Segunda Guerra Púnica (221-201 a.C.), los romanos tratan de cortar los suministros terrestres a Aníbal, desembarcando en Ampurias e iniciando la conquista de Hispania y la construcción del Imperio.

Cuando el procónsul Décimo Julio Bruto inicia la ocupación de Galicia (138 a.C.), los romanos, mineros experimentados, comprenden inmediatamente las posibilidades del agreste territorio y crean un gran coto minero que deciden explotar sin intermediarios, encargando de su custodia a la Séptima Legión, que cubre el perímetro Braga-Astorga-Lugo y subordina el trazado de las calzadas principales a los intereses mineros de la región.

Quizá la ciudad de Lugo, con una excelente y elevada posición defensiva y al lado de una importante ruta de transporte fluvial



Figura 5. Explotación romana de oro en Las Médulas.



Figura 6. Monasterio cisterciense de Aciveiro (Pontevedra), hoy convertido en hotel.

La abundancia en Galicia de buenos yacimientos de mineral de hierro y una industria en auge merecen también la atención de los romanos

Los textos de Plinio describen los tres tipos de yacimientos de oro del noroeste peninsular: los aluviones, los filones y las montañas, que se explotan, respectivamente, por métodos de bateado, labores de interior y movimiento de tierras (*ruina montium*). Las obras, realizadas por esclavos traídos de lejanas tierras, todavía impresionan por su magnitud y precisión: la desviación de corrientes de agua (el túnel de Montefurado), la excavación en terrenos duros (las galerías del Teleno, de hasta 70 metros de profundidad), los enormes movimientos de tierras (Las Médulas, *figura 5*, y las explotaciones de Puebla del Brollón) y las cuidadas labores de interior (minas de Corcoesto).

Por otra parte, la casiterita gallega, sin llegar a las dimensiones de los yacimientos de estaño de Cornualles, presenta sin embargo un nivel de pureza que permitía el transporte de los concentrados para su posterior fusión en Roma. Quizá arranque de aquí la tradición de las "barcas de piedra", que serían en realidad "las barcas de la piedra", con conocidas referencias en Padrón, Santa Comba de Covas o San Andrés de Teixido.

La abundancia en Galicia de buenos yacimientos de mineral de hierro y una industria en auge merecen también la atención de los romanos, que aplican a la metalurgia del hierro distintos adelantos técnicos. Relatan los textos que las arenas utilizadas como fundente para la formación de escoria se templaban en las aguas de los ríos Calive y Bilbilis, posiblemente los actuales Cave y Bibei.

Las rocas no metálicas, llamadas hoy día ornamentales y de construcción (pizarras,

por el río Miño no fuese sino un campamento fortificado, centro estratégico de recogida, custodia y embarque de oro hacia Roma. Cabe observar que todos los lugares relacionados con el oro se localizan en un radio de unos 100 kilómetros con centro en Lugo: Prior, Oural, Valadouro, Penaoural, Perdouro, Areoura, Fazouro, Ouribio, Oural, Montefurado, Médulas de Carucedo, Ourense, Carballiño, Santa Comba y Carballo.

El *procurator metallorum* vela por los intereses del estado en Galicia, con una labor organizativa fundamental para el emperador, que llega a recibir de tierras galaicas cerca de un 7% de los ingresos imperiales. No extraña por ello que el lago artificial de Carucedo pueda ser la explotación más importante que alguna vez tuvo el oro, que se cuentan hasta 60.000 esclavos no nativos en las explotaciones o que se emplease la novedosa técnica de la cal para perforar los montes.

granitos), son también empleadas con profusión por los romanos, construyendo acueductos, urbanizaciones y termas (Lugo, siglo I), calzadas y puentes (Bibeí, Trives, 80 d.C.), puertos y faros (torre de Hércules, La Coruña, siglo II d.C.), murallas (Lugo, 269 d.C.), y factorías diversas (villas marítimas de Centroña, en la ría de Ares, Noville, en la ría de Ferrol, y Panxón, en la de Vigo, siglo III).

El dominio romano es una época de intensísima explotación de los recursos mineros de esta región, región que hacia el año 305 recibe el nombre de *Gallaecia* (en la diócesis de Hispania, prefectura de las Galias), durante la reforma y descentralización del Imperio emprendida por el emperador Diocleciano. Las obras públicas en la *Gallaecia* se subordinan al beneficio y transporte de minerales hacia la metrópoli y la calidad de sus mineros era tan reconocida que ya desde los siglos primero y segundo de la era cristiana partían emigrantes de los conventos galaicos hacia las minas de los yacimientos onubenses y zonas limítrofes.

La Edad Media

La descomposición interna del Imperio romano supone el final de su expansión y el inicio de su decadencia. Los pueblos bárbaros ocupan los territorios que Roma abandona y, en el año 409, los suevos, vándalos y alanos penetran en la Península Ibérica. Evitando los puntos estratégicos claves del ejército romano (León), las invasiones suevas bordean la Cornisa Cantábrica y van ocupando, ora pacífica, ora violentamente, el noroeste peninsular hasta el río Duero. En el invierno del 459, con *Bracara* ya convertida en centro neurálgico del reino suevo, toman *Lucus*, violando la tregua pascual, simbolizando así la total penetración de este pueblo germánico en el entramado político, social y habitacional galaico-romano.

Los suevos se dedican fundamentalmente a la agricultura, y aunque preservan la herencia minera romana y sus métodos, carecen de su sentido organizativo y comercial, con lo que la minería galaica entra en un periodo de estancamiento del

que ni los esfuerzos de Alarico con la promulgación del *Breviario* en el 506 consiguen sacarla.

El reino suevo se diluye e incorpora al visigótico en el año 585, bajo el reinado de Leovigildo. La cultura y la técnica siguen recluidas en los monasterios y la minería continúa postrada en su abandono. Las extensas citas sobre manufacturas y piedras preciosas en las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla, publicadas hacia el 636, contrastan con las escasas referencias a la minería y evidencian así su pobre valoración en estas épocas.

La invasión árabe de Galicia fracasa por la resistencia indígena y por una orografía que dificulta el temible despliegue de su caballería ligera, por lo que entre la ocupación de Lugo por Muza en el 714 y el arrasamiento de Compostela por Almanzor en el 997, su dominio territorial es escaso. De la minería se interesan tan sólo por el oro y las piedras para joyería, como los abalorios de Viveiró (*al-balur* = el cristal, berilos), exigiendo el pago de un diezmo o limosna legal obligatoria que llamaron *azaquí* (*al-zaqat*).

La tenue ocupación árabe de Galicia coincide en el tiempo con las invasiones normandas, de entre las que destaca la del 968, que avanza desde Iria Flavia y, tras ser rechazada en Compostela, penetra en el interior del país hasta la ocupación de las minas y ferrerías del Cebreiro, lo que les permite proveerse de armas y guerrear contra los galaicos durante dos largos años.

Las continuas luchas entre señores feudales, los movimientos secesionistas portugueses y la amenaza de invasiones traen consigo la necesidad de armas y con ella el renacer de la minería y la siderurgia, que se perfeccionan con la experiencia adquirida.

La independencia de Portugal, en 1128, inicia una época de tranquilidad, en la que florecen la agricultura y la arquitectura y decae de nuevo la minería. La creciente afluencia de peregrinos a Compostela arrastra hasta Galicia la entrada de nuevos conceptos y conocimientos de todo tipo.



Figura 7. Retrato del marqués de Sargadelos, Antonio Raimundo Ibáñez.

En estos tiempos, las rocas se emplean no sólo como piedras y sillares de construcción, sino que la piedra caliza, transformada en cal y mezclada con arena y agua, sirve de argamasa en la construcción de la catedral compostelana y otras edificaciones. Cuenta la tradición que los peregrinos que transitaban el "camino francés" portaban entre sus ofrendas trozos de caliza recogidos en Triacastela, que entregaban después a su paso por *Castaniolla* (Castañeda, Figueiroa, Arzúa), donde los hornos de calcinación los transformaban en cal.

Al sur de Trascastro, entre la margen izquierda del Cabe y la Casa de Dompniñor, la corrida de mármol paralela a la de hierro propició, a finales del siglo XII, la construcción de la iglesia marmórea de San Pedro Félix, en Hospital de Incio, un caso excepcional en Galicia y que muestra también primitivas labores en hierro, con técnicas después superadas en las construcciones de Portomarín y Vilar de Donas.

La conversión de los monasterios agrícolas benedictinos (Lourenzá, 969) en poderosos señoríos cluniacenses aunque de pequeña presencia en Galicia (Xuvia), da paso al posterior asentamiento del floreciente monacato cisterciense (Sobrado, 1142) (figura 6), que mantiene las zonas explotadas en los yacimientos de hierro

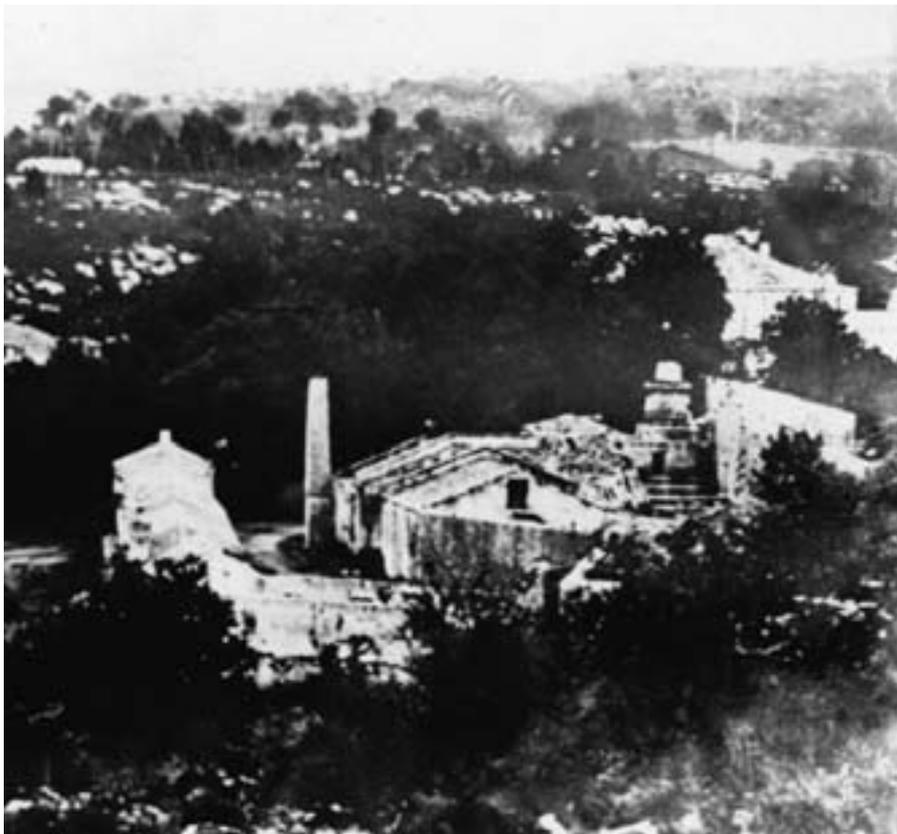


Figura 8. Ruinas del complejo siderúrgico de Sargadelos.



Figura 9. Retrato de Guillermo Schulz.

más favorables para su reducción con las técnicas al uso, desarrolladas por los "monjes negros" en los monasterios cercanos con la intervención frecuente de los "arotzas", los habilidosos herreros vascos.

Se aprovechaban entonces minerales con alta ley en hierro y bajo contenido en fósforo (que agria el acero), y las ferrerías se situaban en aquellos lugares que permitían aprovechar las aguas para el mecanizado, aireación, enfriamiento y temple. Para alcanzar las temperaturas necesarias se empleaba madera de castaño y de roble, además de carbón de brezo como agente reductor. La calidad de los aceros gallegos se conoce en toda Europa y el puerto de Pontevedra es en esta época uno de los principales en la exportación de los productos elaborados a partir del hierro.

La Edad Moderna

Una vez finalizadas las guerras irmandiñas (1469) y la Reconquista (1492), la demanda de hierro cae, mientras que sube la de estaño para utensilios y potería. Además

Las rocas se emplean no sólo como piedras y sillares de construcción, sino que la piedra caliza, transformada en cal y mezclada con arena y agua, sirve de argamasa en la construcción de la catedral compostelana y otras edificaciones

de los existentes en numerosas villas gallegas, en Compostela se concentran los talleres de "picheleiros", que trabajan con estaño fino procedente de Cornualles y del valle del Támega (Monterrei, Verín),

elaborando platos, fuentes, linternas, tazas, saleros, candelabros, custodias y cálices, además, claro está, de picheles (jarros más anchos en su parte inferior y con una tapa engoznada en el remate del asa). Hacia 1525, Maese Jacome es nombrado maestro de minas y metales preciosos y bajo su dirección se fabrican piezas para los mercados interiores y para la exportación.

El condado de Maceda ostentó el dominio de los principales yacimientos de hierro, ferrerías y montes de Galicia desde principios del siglo XVI hasta el año 1707, en que consta la cesión por contrato de mineral de Formigueiros (Visuña, O Courel) a la abadía de Samos, reteniéndolo hasta por lo menos 1869, fecha en que aún se registran pagos anuales de los dueños de las ferrerías al concesionario. Todavía en 1892, la Estadística Minera de España registra "en la mina Formigueiros del Caurel la misma explotación irregular de siempre". El otro gran yacimiento gallego era el de Roques (Ferreiros, Pobra do Brollón), propiedad del conde de Lemos. En el año 1559, en un intento de reactivación de la minería galaica, la

princesa gobernadora doña Juana firma el 10 de enero, en Valladolid, una pragmática en la que establece la caducidad de las concesiones mineras hasta entonces existentes y la obligación de registrar las que se desearan legalizar a partir de ese momento. Esta decisión origina tal aluvión de solicitudes que motiva (¡25 años después!) la redacción de las *Ordenanzas* de Felipe II, en las que se regulan desde tramitaciones a impuestos a satisfacer, y se contempla la posibilidad de entrada de capitales extranjeros en igualdad de derechos con los nacionales.

Los objetivos previstos se demuestran inalcanzables ante los minerales y metales de las colonias americanas, tanto porque proceden de yacimientos más extensos y ricos y de más barata explotación, como porque la Casa Real recaudaba una mayor participación sobre los beneficios obtenidos de ellos. Por estas razones, el siglo XVII se caracteriza por un nuevo abandono de la minería en Galicia, todavía más acentuado por el auge agrícola derivado de la adaptación al terreno del maíz y la patata.

La sobreexplotación maderera y la creciente dificultad para obtener carbón vegetal, el envejecimiento de las técnicas utilizadas y la competencia por la introducción en otros países de los procedimientos siderúrgicos indirectos al horno alto, aceleran el declive de la herrería tradicional y la decadencia de la minería férrea en Galicia.

Con el siglo XVIII se inicia el despegue de la industria minera gallega, activado por tres factores fundamentales como son la utilización de la pólvora en el avance de pozos y galerías, el empleo de la máquina de vapor (1712) y, más tarde, la evolución de la ferrería al horno alto (Sargadelos, 1791).

Para estimular el beneficio de las minas de estaño del área de Monterrei, el Gobierno de Carlos III redacta, el 26 de febrero de 1764, una carta recordatoria de los privilegios que se conceden a los intervinientes en el laboreo de las minas del valle del Támega, dependientes de la Real Hacienda. Todavía en carta del



Figura 10. La huella de viejas labores mineras.

16 de diciembre de 1748, fray Martín Sarmiento expresa a su hermano Javier su esperanza en el futuro de Galicia, recomendando la implantación de salinas y el beneficio del estaño de Monterrei y del cobre de Valdeorras.

El siglo XIX se ve envuelto, casi sin interrupción, por continuos conflictos bélicos, desde las guerras napoleónicas hasta la pérdida de las últimas colonias ultramarinas, Cuba y Filipinas, pasando por las contiendas carlistas. Tras la muerte de su creador, Antonio Raimundo (figura 7), en 1809, la siderurgia de Sargadelos alcanza sus máximas producciones (figura 8), pero la falta de renovación de sus instalaciones, la deforestación, la creciente dificultad en la explotación de los yacimientos féreos y, sobre todo, la mayor competencia de materiales procedentes de otras regiones al quedar Galicia comunicada por ferrocarril (1883, Coruña-Ponferrada), aceleran la decadencia del complejo siderúrgico.

En las postrimerías del siglo XIX, al tiempo que el interés por el hierro decae, se incrementa la demanda de estaño, arrastrada por el auge de la industria conservera que reclama cantidades crecientes de hojalata (chapa de acero estañada por ambas caras) y por la subida

de las cotizaciones internacionales de este metal (1887). El interés por el estaño se pone de manifiesto con la participación de capitales extranjeros en la minería de este metal en Galicia, si bien estos inversores, en su mayoría ingleses, muchas veces sólo persiguen objetivos especulativos.

El geólogo alemán Guillermo Schulz (figura 9), recorre Galicia por Real Orden de Fernando VII y publica, en 1835, ya bajo la regencia de María Cristina, una primera síntesis geológica y minera de la región, la *Descripción geognóstica del reino de Galicia*. En su trabajo cita el grafito de Riomorto, la galena de Riotorto, el antimonio de Cervantes y Bolaño, el lignito de los Puentes de García Rodríguez (*sic*), las piritas de Fornás, el estaño de Arcucelos, Penouta, Presqueiras, Avión y Portomocero, el volframio de Balsidrán (Ribadavia)...

La divulgación de los datos de Schulz provoca una gran demanda de denuncias mineras, fundamentalmente de estaño, por particulares y por empresas constituidas mayoritariamente por capitales ingleses y holandeses. Aparecen también buscadores de fortuna que con medios rudimentarios explotan toscamente hallazgos de alta ley mineral (Zobra en Lalín; Merza en Silleda; Muradás, Monte



Figura 11. Retrato de Lucas Mallada.

Valcobo y Pena Marola en Beariz), excavando hasta donde el paleo manual les permite y, aunque son mal pagados por los acopiadores, obtienen rápidas ganancias. El mineral se transportaba en bruto por arrieros maragatos hasta los lugares donde era demandado y algunas veces se fundía en hornos primitivos para su concentración, siendo los hornos más utilizados los de Corpiño (Losón, Lalín) y Porto de Bois (Beariz), en los que se empleaban técnicas ya aplicadas en las antiguas ferrerías, introduciendo aire forzado aprovechando los viejos molinos hidráulicos.

El general afán de obtener rápidos beneficios y la tosquedad de los métodos empleados por los aventureros se traduce en la pobreza de la minería regional, motivo constante de queja en las Estadísticas Mineras: “este sistema de rebusco motiva abandono de concesiones, cuyos propietarios obtienen el mismo fruto sin pagar canon superficial” (1867); “no se hacen trabajos formales que pondrían tal vez al descubierto nuevos y fecundos manantiales de riqueza” (1867); “la región estannífera de Orense ofrece una baja de producción debida al desastre de la *Medina United Tin Mines* que venía explotándola desde 1865” (1871); “desde 1873 *The Viso Tin Mines* hace gran número de denuncias sin interés en establecer



Figura 12. Mina de Covas: zona de tratamiento.

labores en casi ningún caso, tan sólo con la esperanza de obtener pingües riquezas sin emplear en ellas ni inteligencia ni capital” (1873).

Panorama tan desastroso y desolador se completaba con huelgas estacionales, en parte solucionadas con la construcción de barracones —verdaderos poblados a veces— para acomodar a la mano de obra venida de fuera.

La Edad Contemporánea

La llegada del siglo XX no ofrece sustanciales variaciones en el lamentable panorama de la minería gallega (*figura 10*). Tan sólo el volframio, que habitualmente se encuentra asociado al estaño, anima el panorama minero cuando empieza a ser utilizado en la industria: para filamentos de las bombillas de incandescencia, primero, en la preparación de aleaciones duras para herramientas de corte, después, y, finalmente, para ánimas de piezas de artillería y para blindajes militares.

Los distintos trabajos de Lucas Mallada (1908 y 1909) (*figura 11*) sobre el volframio de Casaio y la creciente demanda de este metal para atender a las necesidades de unos ejércitos que se preparan para el inminente conflicto bélico europeo (la Gran Guerra de 1914 a 1919), además de elevar

sus cotizaciones a cifras impensables pocos años antes, abren nuevas posibilidades a la minería gallega.

Desde esta Primera Guerra Mundial, los beneficios del volframio y del estaño discurren parejos, y pese a que aumentan las cantidades extraídas, no se modifican los métodos y técnicas para su beneficio. Aunque la Administración Pública no aprueba estos desordenados y rudimentarios laboreos, los aventureros prosiguen su explotación selectiva en busca de rápidos beneficios, estimulados por los elevados precios que les pagan los acopiadores.

Esta empobrecedora situación se mantiene prácticamente durante los 20 años que configuran el periodo comprendido entre las dos guerras mundiales (1919 a 1939). Para eludir los impuestos se declaran producciones mínimas y se mantiene un activo contrabando de minerales a través de la frontera portuguesa. En este precario marco, los lavaderos que se instalan en las minas son de ocasión y habitualmente están sobredimensionados.

En su afán de un mayor beneficio, los productores trataban de conseguir leyes muy altas en sus concentrados, con la consecuencia de muy bajas recuperaciones, inferiores muchas veces

Con la ocupación de gran parte del sureste asiático por los japoneses y el acaparamiento del estaño boliviano por los estadounidenses, durante la Segunda Guerra Mundial tiene lugar una notable elevación de las cotizaciones, que vivifica las explotaciones de estaño y volframio de los yacimientos europeos

al 40%: ello daba lugar a la generación de grandes escombreras de estériles con contenidos relativamente elevados de mineral y a unas colas (partes irregulares en las que terminan las venas o filones) que se repasaban monótona e inútilmente, o bien eran apartadas a la espera de unos medios técnicos que nunca se implantaban.

Con la ocupación de gran parte del sureste asiático por los japoneses y el acaparamiento del estaño boliviano por los estadounidenses, durante la Segunda Guerra Mundial (1939 a 1945) tiene lugar una notable elevación de las cotizaciones, que vivifica las explotaciones de estaño y volframio de los yacimientos europeos.

En particular, el Gobierno alemán dio un significativo impulso a la explotación de estaño y volframio en Galicia en los primeros años cuarenta, estableciendo las bases de una investigación más eficaz, aunque con un claro afán expoliador. Finalizada la Segunda Guerra Mundial, la llamada Comisión Aliada de Control se hace inicialmente cargo de las



Figura 13. Sierra de A Capelada.



Figura 14. Cargadero de las minas de Freixo.

minas gallegas propiedad del Gobierno alemán, si bien las va paulatinamente cediendo al considerarlas de escaso interés: la inercia y el tedio se adueñan de nuevo de la minería galaica.

La extracción de oro en las labores mineras de Cobarradeiras (Covas, Ferrol) (figura 12), iniciada en la Prehistoria y continuada por los romanos trabajando la parte superficial de un paquete de cuatro filones de cuarzo con arsenopirita aurífera (SAsFe, pirita arsenical o mispíquel), se retomó entre 1912 y 1914 mediante explotación subterránea por la empresa francesa Mines de Cuivre de Ferrol, que beneficiaba fundamentalmente arsénico, cuyos óxidos fueron ampliamente utilizados como insecticidas hasta 1950. El mineral extraído se trataba por tostación y posterior cianuración en una pequeña



Figura 15. Hornos de las minas de Vilaodriz.



Figura 16. Minas de Silvarosa: zona de labores.

planta construida en la playa de Ponzos, cuyas ruinas son todavía visibles.

Los antiguos trabajos para beneficio de cobre en la zona de Panceira y Abarqueira (Moeche, Coruña) se retomaron por los ingleses hacia 1900 y se documentan posteriormente entre 1940 y 1959, aprovechándose hasta 1970 por la empresa Cobres del Noroeste. Los restos de la



Figura 17. Minas de Silvarosa: poblado minero.



Figura 18. Minas de Silvarosa: cargadero.

La caída de los minerales metálicos en Galicia coincide con el alza de las llamadas rocas ornamentales: los granitos, las pizarras y, en menor medida, las rocas básicas y ultrabásicas

De gran importancia ha sido la explotación de las rocas ultrabásicas serpentinizadas de A Capelada (figura 13) (Cedeira y Cariño, Coruña) en los afloramientos de Uzal, Herbeira y Limo durante el último cuarto del siglo XX, designadas con el nombre de dunita para su aplicación en siderurgia por las ventajosas propiedades que le confieren su contenido en magnesio y su bajo punto de fusión (1.500 °C).

La caída de los minerales metálicos en Galicia coincide con el alza de las llamadas rocas ornamentales: los granitos, las pizarras y, en menor medida, las rocas básicas y ultrabásicas (serpentininas y dunitas) alcanzan una gran aceptación no sólo en los mercados interiores, sino también del resto de España y del extranjero. Los mármoles gallegos, aunque antaño utilizados con fines ornamentales, con el espléndido ejemplo de la iglesia marmórea de San Pedro Félix (Hospital de Incio, Lugo), datada a finales del siglo XII, han visto reducida su utilización a la elaboración de cementos, correctores agrícolas y áridos para construcción.

De la notable historia de la minería gallega, además de los importantes restos arqueológicos de la minería romana, deben destacarse significativos ejemplos de la minería del hierro y del estaño y el volframio, más recientes y sin duda merecedores de un mayor esfuerzo

central hidroeléctrica son lo único que permanece de aquellos días.

La época actual y el patrimonio minero

A partir de 1971 se impulsan desde la Administración española planes de investigación minera y programas de ayuda a la mejora y racionalización de las explotaciones. La investigación de las corridas de los hierros de Galicia

aconseja su abandono ante la competencia en calidades y precios de minerales féreos extranjeros. El estaño, por su parte, proporciona excelentes beneficios en un marco alcista de sus cotizaciones, tendencia que se quiebra bruscamente en el otoño de 1985, cuando la colocación en el mercado de grandes toneladas de estaño en lingotes provoca el hundimiento de los precios, arrastrando en su desplome a muchas minas y fundiciones de todo el mundo.



Figura 19. Minas de Fontao: vista general de las instalaciones.



Figura 20. Minas de Fontao: ruinas de las viviendas.



Figura 21. Minas de Fontao: oficinas.

por su conocimiento y conservación. Aunque la extensión de este trabajo no permite entrar en muchos detalles, queden aquí registrados sus datos básicos para posteriores ocasiones.

La minería del hierro en Galicia cuenta con tres magníficos ejemplos, explotados racional y sistemáticamente desde finales del siglo XIX hasta mediados del XX.

Las minas de O Freixo (Monforte de Lemos, Lugo), documentadas ya desde el siglo XV, conocieron tiempos de esplendor desde el año 1913 hasta su cierre en 1958 (figura 14), extrayéndose magnetita para su exportación a Inglaterra y Alemania desde los embarcaderos de Redondela, en la ría de Vigo.

En las minas de Vilaoudriz (A Pontenova, Lugo) desde 1866 hasta 1960 se extrajo hematites, junto con goethita, siderita y pirita; el mineral se calcinaba en unos hornos emplazados en la bocamina (figura 15) y un ferrocarril construido ex profeso trasladaba los concentrados hasta el puerto de Ribadeo, donde se embarcaban para sus destinos finales en Inglaterra y Alemania.



Figura 22. Minas de San Finx: vista general de las instalaciones.

En tercer lugar, las minas de hierro de A Silvarosa (Viveiro, Lugo) (figuras 16, 17 y 18) beneficiaron magnetita con hematites y goethita desde 1893 hasta 1960. El mineral extraído se transportaba mediante un funicular bicable hasta el cargadero de A Ínsua, ya en la ría de Viveiro, desde donde se despachaba en buques a los habituales destinos en Inglaterra y Alemania.



Figura 23. Minas de San Finx: pozo.

De la minería del estaño y el volframio merecen señalarse por sus posibilidades de conservación las minas de Fontao, San Finx y Barilongo.

Las labores de Fontao (Vila de Cruces, Pontevedra) (*figuras 19, 20 y 21*) se remontan a la segunda mitad del siglo XIX y destacan por la riqueza del contenido mineral en estaño de la casiterita. Tras

una esplendorosa década de 1950, la evolución de los mercados obligó, en 1963, al cese de la explotación subterránea, manteniéndose las labores a cielo abierto hasta el definitivo cierre en 1974.

En las minas de San Finx (Lousame, A Coruña) (*figuras 22 y 23*) se trabajaron filones descabezados desde tiempos muy antiguos. Labores más extensas fueron

realizadas por los ingleses hacia 1890. Finalmente, en Barilongo (Santa Comba, A Coruña) la explotación de aluviones se iniciaba en 1908 (casiterita y volframita), y continuó el laboreo artesanal hasta 1942. La extracción fue suspendida entre 1963 y 1968 por la caída de precios, reiniciándose una vez adquiridas las minas por Coparex, que mantuvo la explotación hasta 1986.

Bibliografía

- ABC (1960). ABC en Pontevedra: inauguración de un poblado minero en Fontao; dispone de iglesia, grupo escolar, cine y tiendas, *ABC*, Madrid, 31 de julio, 43.
- Caba Landa, C. (1947). *Wolfram, wolfram (La diplomacia en la bocamina)*, Ediciones Morata, Buenos Aires.
- Carmona Badía, X. (1990). Crisis y transformación de la base industrial gallega, 1850-1936, en Jordi Nadal Oller y Albert Carreras Odriozola (dir. y coord.), *Pautas regionales de la industrialización española (siglos XIX y XX)*, Ariel, Barcelona, 23-48.
- Carmona Badía, X. (2009). Luis de la Riva Barros (1798-1868), en Xoán Carmona Badía (coord.), *Empresarios de Galicia*, vol. 2, Centro de Investigación Económica e Financeira (CIEF) y Fundación Caixa Galicia, Coruña, 22-47.
- Carmona Badía, J. y Nadal Oller, J. (2005). *El empeño industrial de Galicia. 250 años de historia, 1750-2000*, Fundación Pedro Barrié de la Maza, Coruña.
- Carreras Candi, F. (dir.) (1928). *Geografía general del reino de Galicia*, Editorial Alberto Martín, Barcelona, reedición facsimilar en 1980, trece eds., Ediciones Gallegas, La Coruña.
- Consellería de Cultura e Deporte (2009). *A modernidade construída. Arquitectura galega. 1930-1970*, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, 42-43.
- Cueto y Noval, R. del (1928). *La minería de la región gallega*, reproducción facsimilar por la Cámara Oficial Minera de Galicia, 2006 [en línea], en: <http://www.camaraminera.org/ver/biblioteca.html> [último acceso: 21 de agosto del 2009].
- Dirección Xeral de Industria (1991). *La minería de Galicia*, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, DL C-1341-1991.
- Fariña Jamardo, J. (1977). *La balada del wolfram*, Editorial Magisterio Español, Madrid.
- Madoz, P. (1845-1850). *Diccionario Geográfico, Estadístico e Histórico de España y sus posesiones de Ultramar*, 16 vol., Madrid.
- Madroñero de la Cal, A. (1994). *Una posibilidad de rastreo de los orígenes de la metalurgia del estaño en España*, Cadernos do Seminario de Sargadelos, Edición do Castro, O Castro, Sada, Coruña.
- Mirre, J. C. (1990). *Guía dos minerais de Galicia*, Galaxia, Vigo.
- Orche García, E.; Amaré Tafalla, M. P. y Orche Amaré, M. P. (2009). Las minas de estaño-wolframio de Fontao (Vila de Cruces, Pontevedra). De paisaje cultural a parque patrimonial, Comunicación al Quinto Congreso para la Conservación del Patrimonio Industrial y de la Obra Pública en España, Ferrol (A Coruña), 24-28 de febrero de 2009.
- Pardo Bazán, E. (1918). Epistolario a Giner de los Ríos, *Boletín de la Real Academia de la Historia*, tomo CXCVIII, cuaderno III, septiembre-diciembre 2001, 499 pp.
- Rodríguez Galdo, M. X. y Losada Álvarez, A. (2002). *O poboado mineiro de Fontao. O volframio na historia empresarial e urbanística de Galicia*, Instituto Galego da Vivenda e Solo, Santiago de Compostela.
- Ruiz Mora, J. L. y Álvarez-Campana Gallo, J. M. (2006). Patrimonio geominero de Galicia: la mina de estaño-wolframio de San Finx, Lousame (A Coruña) durante sus comienzos industriales y primer impulso (1897-1928), Comunicación al Primer Congreso Internacional de Minería y Metalurgia en el Contexto de la Historia de la Humanidad, Cuarto Simposio sobre Minería y Metalurgia Históricas, Mequinenza (Zaragoza), 6-9 de julio del 2006.
- Schulz, G. (1835). *Descripción geognóstica del reino de Galicia, acompañada de un mapa petrográfico de este país*, Herederos de Collado, Madrid, ed. facsimilar de 1985 da Área de Xeoloxía e Minería do Seminario de Estudos Galegos, Edición do Castro, Sada, Coruña.
- Sierra Bernardino, E. et al. (2001). *Anteproyecto de rehabilitación y puesta en valor del conjunto minero de Fontao*, STS Proyectos Integrales en Cultura y Patrimonio, Silleda, Pontevedra.
- Valenzuela Otero, R. de (1980). *Era tempo de apandar*, Akal, Madrid; reeditado en 1997, A Nosa Terra, Vigo.
- Vázquez Crespo, A. (2000). *Vila de Cruces. La Tierra de Carbia*, Ayuntamiento de Vila de Cruces, Vila de Cruces, Pontevedra.
- Viejo Viñas, R. (1985). La minería en Galicia, *Papeles de Economía Española*, Serie Economía de las Comunidades Autónomas, nº 3, Galicia, Fundación Fondo para la Investigación Económica y Social de la Confederación Española de Cajas de Ahorros (FUNCAS), Madrid.

Celebración del VII Congreso Ibérico y X Congreso Nacional de Geoquímica

En el mes de septiembre de 2009 se celebró en la ciudad de Soria el ya tradicional Congreso Nacional de Geoquímica que organizan los colegios oficiales de Geólogos, Químicos e Ingenieros de Minas, junto con el Grupo de Geoquímica de la Sociedad Geológica de Portugal. La participación superó las ediciones anteriores, tanto en ponencias como en asistentes.

TEXTO | José Luis Barrera, vicepresidente del ICOG; Antonio Zapardiel, decano-presidente del Colegio y Asociación de Químicos de Madrid; Ángel Cámara, decano-presidente del Colegio Oficial de Ingenieros de Minas del Centro

FOTOGRAFÍAS | Colegio y Asociación de Químicos de Madrid

Desde el año 1985 se han celebrado diez congresos nacionales y siete ibéricos de geoquímica. De todos ellos, Soria ha acogido la celebración de nueve nacionales y tres ibéricos. En este X Congreso de Geoquímica, desarrollado entre los días 21 y 23 de septiembre (*figura 1*), se cumplieron los 25 años desde que se celebró el primero en la capital soriana.

La creciente sensibilización de nuestra sociedad ante el uso de materias primas y recursos naturales, con la tecnología y procesos para su búsqueda, extracción y transformación, así como el impacto que todo ello conlleva en el medio natural y en el ciclo geoquímico de los elementos, justifica este nuevo encuentro de profesionales e investigadores del campo de la geoquímica, con el estudio de la abundancia, distribución y migración de los elementos químicos y de sus compuestos en el medio natural. Sus estudios se dirigen a la investigación y prospección de los recursos naturales, la composición de las aguas, la modelización de flujos contaminantes o la dispersión de metales en los diversos ambientes geológicos, el comportamiento de los elementos en su aplicación industrial siguiendo el ciclo, no sólo de su utilización, sino sobre todo del desecho de sus residuos, incorporados muchas veces como contaminación al marco natural, etc. Ciencia multidisciplinar que permite detectar y prevenir, mitigar o corregir muchos de los problemas ambientales.

El ICOG estuvo representado en el comité organizador por el colegiado Jesús Soriano y por el autor. Durante los meses anteriores al Congreso se mantuvieron varias reuniones preparatorias en la sede del Colegio de Químicos de Madrid, a las que asistieron el resto de instituciones colaboradoras de la organización.

Los datos del Congreso

Como es habitual, estos congresos siempre cuentan con una amplia agenda de actividades que, entre otras cosas, contemplan conferencias abiertas a todos los ciudadanos que quieran asistir. Además de los colaboradores privados y de otras entidades públicas, las instituciones locales (Ayuntamiento, Diputación y Junta de Castilla y León) también colaboraron con el Congreso.

El número de participantes fue de 135, con cerca de 70 comunicaciones orales, 33 carteles y la celebración de tres conferencias plenarias. Las ponencias se desarrollaron en dos aulas situadas en dos centros diferentes, pero próximos. Una fue el aula Tirso de Molina (*figura 2*), antigua iglesia de La Merced y hoy perteneciente a la Diputación Provincial, y la otra un aula de la Escuela de Arte y Superior de Diseño Virgen del Mirón (*figura 3*), donde se expusieron también los carteles en varias sesiones.

Las secciones fueron: "Geoquímica de los materiales y procesos geológicos";



Figura 1. Cartel del Congreso.

"Métodos analíticos y tratamiento de datos en geoquímica"; "Geoquímica ambiental"; "Geoquímica y gestión de residuos"; "Materias primas de interés industrial"; "Hidrogeoquímica"; "Geoquímica orgánica"; y "Cosmogequímica".

Las tres conferencias plenarias estuvieron impartidas por especialistas en la materia.



Figura 2. Acto inaugural en el aula Tirso de Molina.

El día 21, José López Ruiz habló de "Procesos y riesgos volcánicos"; el día 22 fue Jesús Martínez Frías quien habló "De los meteoritos a la exploración de Marte", y, por último, el día 23, Julio Astudillo disertó sobre los "Laboratorios subterráneos, una nueva dimensión en los estudios geoquímicos".

Dentro de las actividades culturales, el día 21, a las 19.30 horas, el catedrático de Paleontología de la UAM dio una conferencia en el centro Gaya Nuño, sobre dinosaurios. Al día siguiente, en el mismo sitio y hora, se impartió otra conferencia por el doctor Carlos de la Casa sobre los problemas freáticos del monasterio de Santa María de Huerta. Ambas conferencias fueron de acceso libre y la sala se llenó de público.

Inauguración

El acto inaugural tuvo lugar a las 10.30 horas en el aula Tirso de Molina y fue presidido por Carlos de la Casa Martínez, delegado territorial de la Junta de Castilla y León en Soria, junto a otras autoridades (figura 2). En el aula, la presencia de congresistas fue muy elevada. Tomaron la palabra el delegado territorial y el presidente del Congreso, Antonio Zapardiel.

Finalizado el acto protocolario dieron comienzo las sesiones técnicas.

Discurso de Antonio Zapardiel en el acto inaugural

Ilmo. Sr. D. Carlos de la Casa Martínez, delegado territorial de la Junta de Castilla

y León en Soria. Ilmo. Sr. D. Vicente Ripa González, subdelegado del Gobierno en Soria. Ilmo. Sr. D. Domingo Heras López, presidente de la Diputación Provincial de Soria. Ilustrísimos presidentes y decanos de colegios, asociaciones y sociedades profesionales y científicas y componentes de la mesa. Señoras y señores congresistas, compañeros y amigos.

Iniciamos con este acto el desarrollo del VII Congreso Ibérico y X Congreso Nacional de Geoquímica y el Congreso que conmemora los 25 años de la geoquímica en la ciudad de Soria, por la celebración de sucesivos congresos que han sido organizados desde 1985 por los colegios profesionales de Químicos, Geólogos e Ingenieros de Minas, con la colaboración, en los últimos años, del Grupo de Geoquímica de la Sociedad Geológica de Portugal, y siempre con el apoyo incondicional de las instituciones. Permítanme, en esta breve intervención, agradecer a la Junta de Castilla y León, en la figura de la presidenta de este Congreso, Excm. Sra. D^a María Jesús Ruiz Ruiz, vicepresidenta y consejera de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León, representada en este acto por el Ilmo. Sr. D. Carlos de la Casa Martínez, delegado territorial de la Junta de Castilla y León en Soria, el apoyo incondicional para la celebración de éste y anteriores congresos de geoquímica.

También, quisiera agradecer el apoyo incondicional de otras instituciones públicas y privadas: Diputación Provincial, Delegación del Gobierno Nacional, Ayuntamiento de Soria, Cámara de

Comercio, Caja Duero, y para no cansarles con el repaso de un amplio número de instituciones, les remito al Comité de Honor del Congreso, donde, junto a los presidentes, se recogen todas las instituciones que han colaborado o han propiciado este Congreso. Muchas gracias a todas ellas.

Es deseo y acuerdo unánime de las instituciones organizadoras materializar con las instituciones de Soria un convenio que permita declarar a la ciudad de Soria sede permanente de los Congresos de Geoquímica, para que las partes adquieran el compromiso formal y escrito de hacer, en el futuro, lo que hasta el momento se ha realizado. Trabajaremos por favorecer este objetivo.

Durante los próximos tres días se va a celebrar, en esta hermosa ciudad de Soria, un encuentro entre científicos en dos sedes diferentes y simultáneamente. Con casi 135 participantes, están previstas tres conferencias plenarias, nueve secciones con cerca de 70 comunicaciones orales y 33 carteles (Sección 2: Geoquímica de los materiales y procesos geológicos. Sección 3: Métodos analíticos y tratamiento de datos en geoquímica. Sección 4: Geoquímica ambiental. Sección 5: Geoquímica y gestión de residuos. Sección 6: Materias primas de interés industrial. Sección 7: Hidrogeoquímica. Sección 8: Geoquímica orgánica. Sección 9: Geoquímica isotópica. Sección 10: Cosmogequímica), además de dos conferencias divulgativas dirigidas en abierto al público soriano.

Gracias al Comité Científico y el Comité Organizador del Congreso, a los conferenciantes, a los responsables de las mesas de las sesiones científicas y al resto de los participantes del Congreso porque con su trabajo y presencia contribuyen al intercambio de conocimientos y al avance de la ciencia.

Finalmente, permítanme recordar al geoquímico que impulsó desde su inicio la celebración de estos congresos, D. Francisco de Pedro¹; éste es el primer

1. Francisco de Pedro falleció en Madrid en 2008.

Congreso en Soria al que él no asiste, que su humanidad y sabiduría esté presente entre todos nosotros.

Muchas gracias a todos por su presencia.

Recepción en el Ayuntamiento

A las 20.30 horas del primer día del Congreso, el Ayuntamiento de Soria invitó a los congresistas a una recepción en la Sala Consistorial. Muchos de los congresistas venían de escuchar la magnífica conferencia impartida por José Luis Sanz sobre los dinosaurios, en la sala Gaya Nuño.

El actual edificio del Ayuntamiento es verdaderamente señorial y destaca por el hecho de mostrarse exento. Sobre su fachada aparece, enorme, un escudo nobiliario redondo dividido en doce partes iguales, cada una de las cuales tiene el escudo de una de las casas nobles que repoblaron Soria en el siglo XII. Ha sido sometido a diversas obras de ampliación y reforma que lo hacen aún más majestuoso, pero aún se conserva su fachada principal, obra acometida por Martín de Solano en 1629. La parte antigua muestra una fachada con un pórtico de arquerías de medio punto sobre pilares y dos pisos: el inferior con balcones coronados por frontones rectos y el superior con vanos adintelados.

Nos recibió el alcalde, Carlos Martínez Mínguez, acompañado por la concejala delegada de Empleo, Industria y Comercio, Teresa Valdenebro. Nos dio la bienvenida a la capital en nombre de la Corporación Municipal, agradeció que hubiéramos vuelto a Soria nuevamente y nos deseó un buen congreso. Le contestó el presidente del Congreso Antonio Zapardiel (figura 4).

Discurso de Antonio Zapardiel en la recepción del Ayuntamiento de la ciudad de Soria

Ilmo. Sr. D. Carlos Martínez Mínguez, alcalde presidente de Soria. Ilustrísimas autoridades de la Corporación de Soria. Ilustrísimos presidentes y decanos de Colegios, Asociaciones y Sociedades Profesionales y Científicas. Señoras



Figura 3. Intervención de un ponente en el aula de la Escuela de Arte y Superior de Diseño.



Figura 4. Intervención de Antonio Zapardiel en la recepción del Ayuntamiento. De izquierda a derecha, Antonio Gutiérrez, José Luis Barrera, Teresa Valdenebro, el alcalde, Antonio Zapardiel, Ferreira da Silva y Ángel Cámara.

y señores congresistas, compañeros y amigos.

Nos encontramos en el recinto donde convergen las opiniones de todos los ciudadanos de Soria, donde la historia y la tradición de una ciudad se hacen presente y donde se tratan de resolver los problemas que el día a día genera.

Un grupo de científicos y profesionales hemos venido a esta hermosa ciudad para dedicarle nuestro trabajo en torno a una ciencia denominada geoquímica. Por la excelente acogida que recibimos, por el recuerdo que tenemos de las imágenes de paisajes y monumentos y por la voz de sus poetas, lo venimos haciendo durante 25 años.

Es deseo de las instituciones organizadoras seguir en esta dinámica muchos años más; hay acuerdo unánime

para materializar con las instituciones de Soria un convenio que permita declarar a la ciudad de Soria sede permanente de los congresos de geoquímica, para que las partes adquieran el compromiso formal y escrito de hacer en el futuro lo que hasta el momento se ha realizado. Trabajamos por favorecer este objetivo.

Decirle al señor alcalde que la ciencia, la investigación, el desarrollo y la innovación resuelven problemas y que a los científicos nos gusta venir a la "casa del pueblo" para comunicar optimismo en la resolución de problemas, para difundir nuestros valores de trabajo y perseverancia y para divulgar nuestra ciencia.

Muchas gracias señor alcalde por recibirnos y darnos esta recepción en nombre de su corporación y del pueblo de Soria.

Acto de clausura

El acto de clausura del Congreso dio comienzo a las 13.30 horas en el aula Tirso de Molina, al finalizar las sesiones científicas del último día. En la mesa, presidida por el presidente de la Diputación de Soria, Domingo Heras, se encontraban también los representantes de las entidades organizadoras, Antonio Zapardiel como presidente del Congreso, José Luis Barrera por el ICOG, Ángel Cámara por el Colegio de Ingenieros de Minas, y el portugués Ferreira da Silva por el Grupo de Geoquímica de Sociedad Geológica de Portugal.

En el acto intervinieron Antonio Zapardiel y Domingo Heras, que agradeció la presencia del Congreso en la capital y deseó que volviera nuevamente dentro de cuatro años, una vez que corriera el turno de celebrarlo en Portugal. Por su parte, Zapardiel anunció que el próximo Congreso se celebrará en la ciudad portuguesa de Castelo Branco y será coordinado por la Dra. Margarida Antúnez.

Discurso de Antonio Zapardiel en el acto de clausura del Congreso

Ilmo. Sr. D. Domingo Heras, presidente de la Diputación de Soria. Ilustrísimas autoridades de Soria. Ilustrísimos presidentes y decanos de colegios, asociaciones y sociedades profesionales y científicas. Señoras y señores congresistas, compañeros, compañeras y amigos y amigas.

Estos últimos días hemos disfrutado de la ciencia geoquímica que nos reúne en esta entrañable ciudad; también hemos disfrutado de sus monumentos, paisajes y gentes.

Durante estos tres días de Congreso se han presentado y debatido cerca de 70 comunicaciones orales y una treintena de pósteres; muchos de estos trabajos serán publicados en breve en revistas internacionales de prestigio.

Más de la mitad de los trabajos presentados lo han sido dentro del campo

de la geoquímica ambiental. Se han tratado temas sobre la problemática de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, el comportamiento de los residuos y su aprovechamiento, el medio ambiente urbano, el uso de biocombustibles y su biorremediación. Igualmente, se han presentado trabajos relacionados con la agricultura, la sobreexplotación de acuíferos y sus efectos, así como sobre la utilización de técnicas tan innovadoras como el uso de los nucleidos cosmogénicos producidos in situ para la medida de la tasa de erosión o el uso de técnicas isotópicas para la medida histórica y paleoambiental de las precipitaciones en una zona.

Los trabajos presentados no se han limitado a la caracterización del comportamiento de los elementos y compuestos químicos en el medio natural, sino que muchos de ellos se han centrado en la búsqueda de soluciones.

Además de lo anterior, se ha continuado avanzando en los campos más tradicionales de la geoquímica, como la caracterización de los materiales y sistemas geológicos, el desarrollo de mejores técnicas analíticas y el estudio de materiales de interés industrial.

En la Sección científica 4 de geoquímica ambiental, la más numerosa, se han presentado 21 comunicaciones orales y 10 en forma de póster. Todas ellas de gran interés y cubriendo prácticamente todo el espectro de los procesos geoquímicos relacionados con la contaminación de las aguas, los sedimentos y los suelos. La caracterización del comportamiento de los contaminantes en el suelo y en las aguas, la influencia de la química de las aguas en los procesos de movilización de contaminantes ha sido tratado en profundidad. También los estudios geoquímicos de suelos y las técnicas de tratamiento de la contaminación, así como los cambios producidos en las propiedades químicas del suelo con posterioridad a las labores de rehabilitación han sido presentados para diferentes casos de estudio, todos ellos muy interesantes. Además, han sido

objeto de diferentes comunicaciones los aspectos químicos relacionados con la ecotoxicidad y los niveles de riesgo. Finalmente, también se han presentado estudios detallados de los efectos de la contaminación atmosférica sobre los materiales de construcción y la estratificación química en lagos mineros.

En resumen, se han presentado tanto en las sesiones orales como en forma de póster trabajos de gran calidad y muy innovadores.

Por tanto, permítanme que como presidente del Comité Ejecutivo transmita la satisfacción general del mismo por el desarrollo del Congreso. La mayoría de los trabajos han sido excelentes y de alto nivel científico; el trabajo realizado por el Comité Científico ha sido impecable, así como el trabajo que han realizado los responsables de mesa durante las sesiones científicas. A todos ellos nuestro reconocimiento y agradecimiento.

Como decano-presidente del Colegio y Asociación de Químicos permítanme también que agradezca el trabajo de la Secretaría y Tesorería del Comité Organizador y que mencione a D. Antonio Gutiérrez Maroto que, como saben ustedes, ha sido el motor en la organización de este Congreso.

Además, debo agradecer a todas las autoridades de Soria, su provincia y comunidad, el apoyo dado al Congreso. Indicarles que pocas ciudades tienen la posibilidad de que sucesivamente unas corporaciones públicas y privadas como las nuestras (colegios profesionales y asociaciones científicas) periódicamente traigan ciencia y cultura para enriquecer a sus gentes.

Pedirles que trabajen para que en el futuro sean, al menos, otros 25 años los que el Congreso de Geoquímica se celebre en Soria.

Finalmente, decirles que les emplazo a todos en Castelo Branco, Portugal, y, después, en Soria. Muchas gracias a todos y hasta siempre. ¡Oh hermosa Soria!, como diría el poeta.

XV Premio 'San Viator'

El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos ha participado un año más en el patrocinio de los Premios "San Viator" de Investigación en Ciencias y Humanidades para estudiantes de Secundaria-Bachillerato y Ciclos Formativos de Grado Medio, convocado por el Colegio San Viator. En esta XV edición, el ICOG solicitó a los promotores que se cambiara la denominación del premio "Geología", que patrocina el Colegio, por el de "Futuros geólogos", y así se hizo. La entrega de premios estuvo presidida por el ministro de Educación, Ángel Gabilondo.

Texto | José Luis Barrera

El Premio "San Viator" es un galardón ya consolidado en los estudios de Secundaria españoles que, en el año 2009, llegó a su XV edición (figura 1). En él participa una gran cantidad de centros de enseñanza secundaria, tanto públicos como privados, de todo el territorio nacional, y está patrocinado por importantes entidades académicas, centros públicos de investigación, entidades bancarias, editoriales y fundaciones e instituciones públicas como los ministerios de Investigación y Educación.

El ICOG participa con su patrocinio desde hace cuatro ediciones, estando en el jurado del Área de Ciencias el colegiado Jesús Martínez Frías y el que escribe.

La reunión del jurado se celebró el día 10 de septiembre de 2009 en la biblioteca del Colegio San Viator de Madrid. Por parte del ICOG asistió Jesús Martínez Frías, que fue la persona que evaluó e hizo la primera selección de los trabajos de geología para presentarla a la evaluación final. El total de trabajos de investigación presentados fue de 396, de los que 214 fueron de ciencias (54%).

Se recibieron 14 proyectos de temática que se podrían clasificar de "exclusivamente geológica". Se presentaron más trabajos que trataban temas relacionados indirectamente con la geología (hasta unos 22 o 23).

En el Premio "San Viator" participa una gran cantidad de centros de enseñanza secundaria, tanto públicos como privados, de todo el territorio nacional, y está patrocinado por importantes entidades como los ministerios de Investigación y Educación

De ellos, siete fueron clasificados para la final (o sea, en el total de trabajos finalistas, el porcentaje de los de geología fue muy alto. La geología es una materia que se presta muy bien al trabajo de campo y experimental por parte de los alumnos y eso les atrae mucho, al menos en la etapa de Secundaria. Los títulos de algunos de los trabajos más interesantes fueron:

- Los metales en el Jiloca.
- Formas geológicas de Gran Canaria.
- Millones de años atrás...

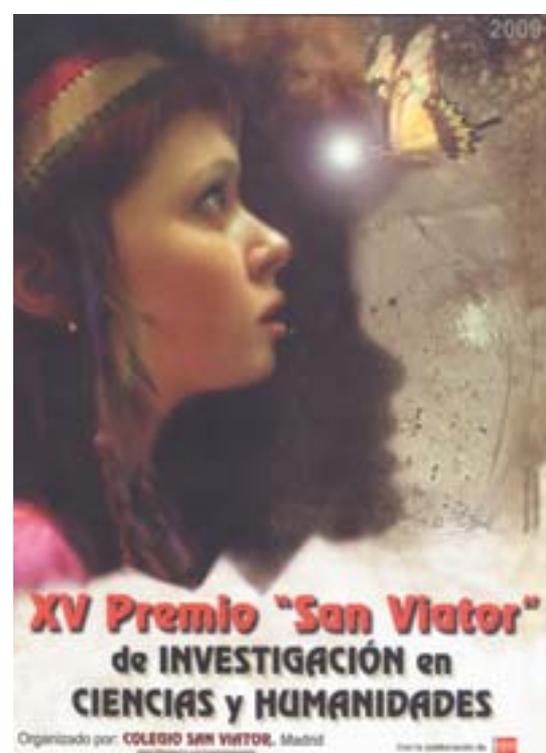


Figura 1. Cartel del XV Premio.

- Modelización de la formación de un barranco en Gran Canaria.
- Las rocas graníticas de la Costa da Morte.
- Esmeraldas, "el Fuego Verde".

El premio "Futuros geólogos" se lo llevó el trabajo sobre la simulación de la formación de un barranco en Gran Canaria, del Colegio Garoé de Gran Canaria.

La entrega de premios tuvo lugar el 3 de octubre en la sede del Colegio



Figura 2. Mesa presidencial durante la entrega de los premios.



Figura 3. De izquierda a derecha, el director del Colegio San Viator, el ministro de Educación, el presidente del ICOG y el vicepresidente del ICOG.

Por parte del ICOG asistieron el presidente, Luis Suárez, el vicepresidente, José Luis Barrera, y el miembro del jurado, Jesús Martínez Frías

(figura 2), en una mesa presidencial en la que estaban el vicepresidente del CSIC, Juan José de Damborenea, el director general de Mejora de la Calidad de la Enseñanza de la Comunidad de Madrid, Xavier Gisbert da Cruz, el director del Instituto de Formación del Profesorado, Eduardo Coba, la rectora de la Universidad Europea de Madrid, Águeda Benito, la vicerrectora de la Universidad Carlos III, Henar Mígueles, el director de Relaciones Institucionales y Comunicación de la Fundación San Pablo-CEU, el vicepresidente de la Fundación Repsol, Enrique Locutura, el director general de la Fundación Vodafone España, Santiago Moreno, la jefa del Departamento de Divulgación y Comunicación de la Ciencia y la Innovación de la FECYT, Rosa Capeáns, la directora del Área de Formación e Investigación de la Fundación ICO, Laia Moreno, el director técnico de Coordinación de Santander Universidades, Fernando Ordóñez, y el director comercial de la editorial Vicens Vives, Jaume Vicens.

Finalizada la entrega de los premios, los asistentes pasaron a un salón del Colegio para tomar un aperitivo y departir con el ministro. El presidente y vicepresidente del ICOG hablaron con el ministro sobre las cuestiones educativas de la geología (figura 3). Posteriormente se sirvió una comida en el restaurante La Perdiz, en El Pardo, para los miembros del jurado y representantes de las instituciones patrocinadoras.

San Viator, en Madrid. Por parte del ICOG asistieron el presidente, Luis Suárez, el vicepresidente, José Luis

Barrera, y el miembro del jurado, Jesús Martínez Frías. Presidió el acto el ministro de Educación, Ángel Gabilondo

Nuevas tecnologías de perforación del terreno

TEXTO I Joan Bono Carreras, director comercial; Antoni Laqué Roca, ingeniero geólogo, Área Comercial Palau-Solità i Plegamans (Barcelona)

El pasado 1 de octubre, ASISTEMAQ 3BYF, S.L. presentó en el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, en su sede de Madrid, dos productos tecnológicamente muy avanzados, de aplicación al sector de la perforación, las cimentaciones especiales y la obra pública:

- La técnica de perforación con alta frecuencia SonicSampDrill (Holanda).
- Los sistemas de control y programación de unidades de obra PARTNERmb (República Checa).

Perforación con alta frecuencia SonicSampDrill

En el año 1992, el ingeniero Fons Eijkelkamp empezó el desarrollo de una pequeña cabeza de perforación con la tecnología SonicSampDrill. A día de hoy, esta tecnología se utiliza en más de 20 países, distribuidos por todo el mundo.

En el año 1997, la empresa holandesa Shell se puso en contacto con Fons Eijkelkamp, propietario de la empresa con el mismo nombre, con el objetivo de desarrollar un sistema de perforación rápido y eficiente, con un rendimiento marcadamente superior al de los sistemas existentes en el mercado.

Perforación con SonicSampDrill

La perforación con los sistemas SonicSampDrill es una técnica única de perforación del terreno, desarrollada recientemente en su forma final, que utiliza vibración vertical de alta frecuencia, regulable entre 150 Hz \longleftrightarrow 180 Hz.

Esta transferencia de energía a un suelo o a una roca en forma de vibración vertical de alta frecuencia tiene como resultado la fluidificación de una fina

La empresa holandesa Shell se puso en contacto con Fons Eijkelkamp, propietario de la empresa con el mismo nombre, con el objetivo de desarrollar un sistema de perforación rápido y eficiente, con un rendimiento marcadamente superior al de los sistemas existentes en el mercado

película de terreno de orden milimétrico, en contacto con la maniobra y los útiles de perforación, o con el tomamuestras. El resultado es:

- Toda la maniobra de perforación se mueve muy deprisa, en vertical.
- El terreno *se queda en su sitio*.
- Las partículas del terreno no tienen tiempo de *pegarse* al varillaje.

La aplicación de esta técnica tiene un rendimiento de perforación entre tres a cinco veces superior al obtenido por métodos tradicionales.

Sondeos con recuperación de testigo continuo: Aqualock®

Además de la perforación a destroza, una de las principales aplicaciones de la

tecnología SonicSampDrill es la toma de muestras en sondeo. Esta toma de muestras continuas en sondeo se puede hacer empleando una *testiguera* tradicional o bien el sistema Aqualock®.

En el caso de emplear *testiguera*, los diámetros de muestra obtenidos son $\varnothing_{\text{muestra}} = 53 \text{ mm}$, $\varnothing_{\text{muestra}} = 100 \text{ mm}$ y $\varnothing_{\text{muestra}} = 125 \text{ mm}$, para longitudes de muestra de $L_{\text{muestra}} = 2 \text{ m}$ y $L_{\text{muestra}} = 3 \text{ m}$.

Aqualock® es un sistema de toma de muestras, desarrollado por SonicSampDrill para obtener testigo continuo en suelos no consolidados o poco consolidados, con o sin presencia de agua en el terreno. La tubería que recoge las muestras está equipada con un pistón especial que, atrapando un volumen de agua, sella el tomamuestras hasta que se alcanza la profundidad deseada. A esa profundidad, la válvula de la cabeza de la tubería tomamuestras se abre y se recoge la muestra a la vez que se empuja toda la maniobra de perforación.

El porcentaje de recuperación de la muestra es del 90% al 100% (*figura 1*). Cuando se utiliza Aqualock®, la vibración SonicSampDrill permite la toma de muestras en todo tipo de suelos, tanto saturados como insaturados. El pistón es fundamental para mantener el tomamuestras limpio en la maniobra de avance, así como para sacar la muestra. Las principales ventajas de Aqualock® son:

- En la mayor parte de situaciones, no hace falta una perforación previa para sacar muestras del terreno.
- Las muestras son largas y sin compactar, tanto en terrenos saturados como en los no saturados.



Figura 1. Muestra de testigo continuo en sondeo, obtenida con Aqualock®.

PARTNERmb diseña,
produce y pone en obra
equipos para controlar
en tiempo real y en remoto
maquinaria y tecnología
del sector de las
cimentaciones especiales
y de la obra pública

- El consumo de agua es mínimo.
- En la práctica, el vacío creado por el pistón aguanta todas las muestras.
- No se produce contaminación de unos niveles por otros.
- Para material granular o para fangos, se puede montar una cabeza de recogida de muestras para la retirada del material con vibración.

- Su utilización es simple y su mantenimiento fácil. El pistón empuja a la muestra hacia el exterior con agua a presión y, a su vez, se sitúa en la cabeza de corte para su próximo uso.

Control y programación de obras PARTNERmb

De la experiencia en obras de cimentaciones especiales y perforación del terreno del ingeniero Michal Brezina, nació la empresa PARTNERmb. Esta empresa, con base en la República Checa, diseña, produce y pone en obra equipos para controlar en tiempo real y en remoto maquinaria y tecnología del sector de las cimentaciones especiales y de la obra pública.

Los sistemas de PARTNERmb permiten:

- Controlar la maquinaria que está operativa en un momento determinado y en cualquier parte del mundo.
- Probar que el trabajo se está realizando.
- Hacer un seguimiento de la calidad de ese trabajo.

- Conocer la cantidad de tareas realizadas.

PARTNERmb produce dos aplicaciones: GCOM+ y TRACK.

GCOM+

El equipo GCOM+ está pensado para el control, en tiempo real y en remoto, de maquinaria. Puede estar conectado a una base de datos propia GWIN o a cualquier PC, mediante su módulo GPRS y su tarjeta SIM. Controla, entre otros, la posición de una máquina o los parámetros instantáneos de funcionamiento del motor.

En obras actualmente en ejecución en Europa se han conseguido mejoras del 25% en el rendimiento de maquinaria con equipos GCOM+ instalados.

TRACK

TRACK es un equipo de control de tecnología, pequeño y de gran capacidad.

Túnel del AVE Sants-Sagrera bajo el templo de la Sagrada Familia de Barcelona

Valoración del conocimiento geológico

Este artículo es un extracto del informe que solicitó de manera oficial el Patronato de la Sagrada Familia a la Delegación de Cataluña del Colegio Oficial de Geólogos. El Patronato quería un asesoramiento técnico respecto a la influencia que la construcción del túnel para el tren de alta velocidad puede comportar en el templo de la Sagrada Familia. El objeto del informe fue la evaluación técnica de la información geológica generada en estudios de ADIF, su idoneidad y sus posibles carencias, en tanto que sólo se valora aquello que es competencia de los geólogos, es decir, el conocimiento del terreno y sus propiedades.

TEXTO | Delegación de Cataluña del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

Palabras clave
Sagrada Familia, túnel, tren alta velocidad, construcción

La perforación de un túnel por el que circulará, en los próximos meses, el tren de alta velocidad en Barcelona, a escasos metros de profundidad del famoso templo de la Sagrada Familia, ha suscitado una gran polémica por los posibles efectos de la obra de ingeniería en el templo. La longitud del túnel tendrá casi seis kilómetros y los estudios geológico-geotécnicos son muy importantes para caracterizar la calidad del terreno y garantizar la seguridad de la obra.

repite hasta tres veces, se la conoce con el nombre de triciclo. La potencia del recubrimiento cuaternario es variable, generalmente inferior a 20-25 m.

El contacto entre las dos unidades pone de manifiesto la existencia de un paleorelieve con pendientes superiores a los 35°.

Campañas de sondeos realizadas

En total se han realizado cinco campañas de sondeos en el ámbito del proyecto, con un total de 111 sondeos, que incluyen un sondeo dentro del mismo templo. Sin embargo, algunas de estas campañas habían de cubrir el proyecto de trazado original previsto, quedando muchos, por tanto, al margen del trazado final escogido para el túnel Sants-Sagrera (tabla 1).



Figura 1. Imagen general del templo expiatorio de la Sagrada Familia de Barcelona.

Contexto geológico y geotécnico

El trazado Sants-Sagrera se ubica en la Pla de Barcelona, en un entorno urbano que no permite la observación de afloramientos geológicos superficiales. El túnel proyectado ha de atravesar un substrato plioceno formado por niveles subhorizontales de arcillas margosas y arenas depositadas en ambiente marino, recubierto por formaciones superficiales de edad cuaternaria.

El recubrimiento cuaternario está formado por una repetición cíclica de arcillas rojas con bolsas de gravas, limos amarillentos con nódulos calizos y costras carbonatadas rosadas de orden decimétrico conocidas localmente como *tortorá*. Esta serie, que se

Tabla 1. Resumen de las campañas efectuadas de sondeos mecánicos

| Fecha | Empresa | Sondeos | Total metros | Denominación |
|--------------|--|------------|-------------------|--------------|
| 2001 | EUROGEOTECNIA-SONDEOS Y ANCLAJES-INEMA | 28 | 1.205,97 m | SE |
| 2001 | LOSAN | 30 | 1.211,0 m | SL |
| 2002 | INTECSA-INARSA-CENSA-RSE | 10 | 312,8 m | SF-SE-SP |
| 2003 | INTECSA-INARSA-CENSA-RSE | 15 | 697,3 m | SV |
| 2005 | RSE | 26 | 830,19 m | SP |
| Total | | 111 | 4.257,26 m | |

La caracterización geotécnica del tramo Sants-Sagrera, a su paso por la calle Mallorca, ha estado realizada preferentemente a partir de la campaña SL, de 30 sondeos, de la empresa LOSAN. El Patronato de la Sagrada Familia llevó a cabo en enero de 2006, también mediante la empresa LOSAN, un sondeo en el interior de la basílica de 42 m de profundidad con la referencia SC-1.

En la zona de la Sagrada Familia hay perforados cinco sondeos: SF-1, SL-9, SF-2, SL-10 y SL-11, más el SC-1 por parte del Patronato. Todos ellos superan la profundidad de la rasante del túnel, dándolos por buenos en cuanto a su extensión. La densidad media en este sector es de un sondeo por cada 36 m.

Análisis del modelo planteado

El modelo geológico del Proyecto de construcción de plataforma y vía línea alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-frontera francesa. Tramo: túnel de conexión Sants-La Sagrada (Barcelona). Anejo nº 3 Geología de ADIF, de 2007, es exactamente igual que el que se representa en el Estudio informativo complementario sobre las modificaciones del trazado en el tramo Sants-La Sagrada (Barcelona). Línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-frontera francesa de ADIF, de 2006. Este modelo consiste en un único perfil geológico en dos dimensiones donde se representan los sondeos perforados, datos geotécnicos y las litologías atravesadas, así como su geometría que se consigue mediante extrapolación de datos entre sondeos.

En el tramo del perfil geológico que abarca el templo de la Sagrada Familia, llama la atención que sólo se encuentran representados tres de los seis sondeos efectuados. No figuran los sondeos SF-1 y SF-2, ni el sondeo SC-1, en tanto que este último es de titularidad del Patronato.

En cuanto se incorporan los datos de estos tres sondeos en el modelo geológico se constatan ligeras variaciones en la posición del contacto entre las formaciones cuaternarias y el sustrato plioceno. Estas

Tabla 2. Parámetros de cálculo recomendados después del procesado de datos geotécnicos

| Terreno | Densidad saturada (T/m³) | Humedad (%) | C' (T/m²) | φ (°) | Eu (T/m²) | Ep (T/m²) | RCS (Kp/cm²) | |
|--------------------|--------------------------|-------------|-----------|-------|-----------|-----------|--------------|-----|
| Rellenos | 1,90 | 12 | 0,0 | 28 | 1.000 | 500 | - | |
| Cuaternario | Arcilla marrón rojiza | 2,11 | 13 | 5,0 | 28 | 5.000 | 1.620 | 2,6 |
| | Limos arenosos | 2,10 | 13 | 3,0 | 28 | 4.000 | 1.620 | 1,3 |
| | Arenas con limos | 2,16 | 11 | 1,0 | 34 | 3.000 | 1.170 | 1,2 |
| | Gravas y gravillas | 2,18 | 13 | 0,0 | 35 | 4.500 | 2.500 | 2,0 |
| Terciario Plioceno | Arenas | 2,11 | 19 | 2,0 | 32 | 4.500 | 2.540 | 3,1 |
| | Arcillas margosas verdes | 2,10 | 19 | 6,0 | 28 | 5.000 | 3.680 | 3,4 |
| | Arcillas margosas grises | 2,06 | 20 | 6,0 | 28 | 5.000 | 3.680 | 4,5 |

C': cohesión no drenada.
 φ': ángulo de rozamiento interno.
 Eu: módulo de deformación no drenado.
 Ep: módulo de deformación presiométrico.
 RCS: resistencia a compresión simple.
 Fuente: ADIF.



Figura 2. Leyenda para interpretar las figuras siguientes. Fuente: ADIF (2006 y 2007).

variaciones no comprometen las labores del túnel que queda por debajo de los contactos.

En la identificación de los materiales pliocenos también se ponen en evidencia incoherencias cuando se incluye el sondeo SF-1 en el modelo. En este sondeo SF-1, en la zona más cercana a la clave del túnel, se identifican arenas gruesas con gravas esporádicas, mientras que en el modelo se describen arcillas margosas. Esta diferencia litológica podría inducir a comportamientos geotécnicos diferenciales.

Los ensayos efectuados en arenas y limos pliocenos no comportan características

geotécnicas muy diferenciadas, es decir, no se dan grandes contrastes (tabla 2). Sin embargo, sí existen claras diferencias entre estos materiales y las arcillas grises, especialmente más plásticas y cohesivas. Las arcillas no aparecen en el sondeo SF-1 bajo el templo de la Sagrada Familia; por tanto, las arenas gruesas con gravas descritas no constituyen ninguna circunstancia imprevista en los cálculos.

Estas incertidumbres recomendarían una revisión detallada de los datos recogidos y una transposición del modelo bidimensional a un modelo tridimensional.

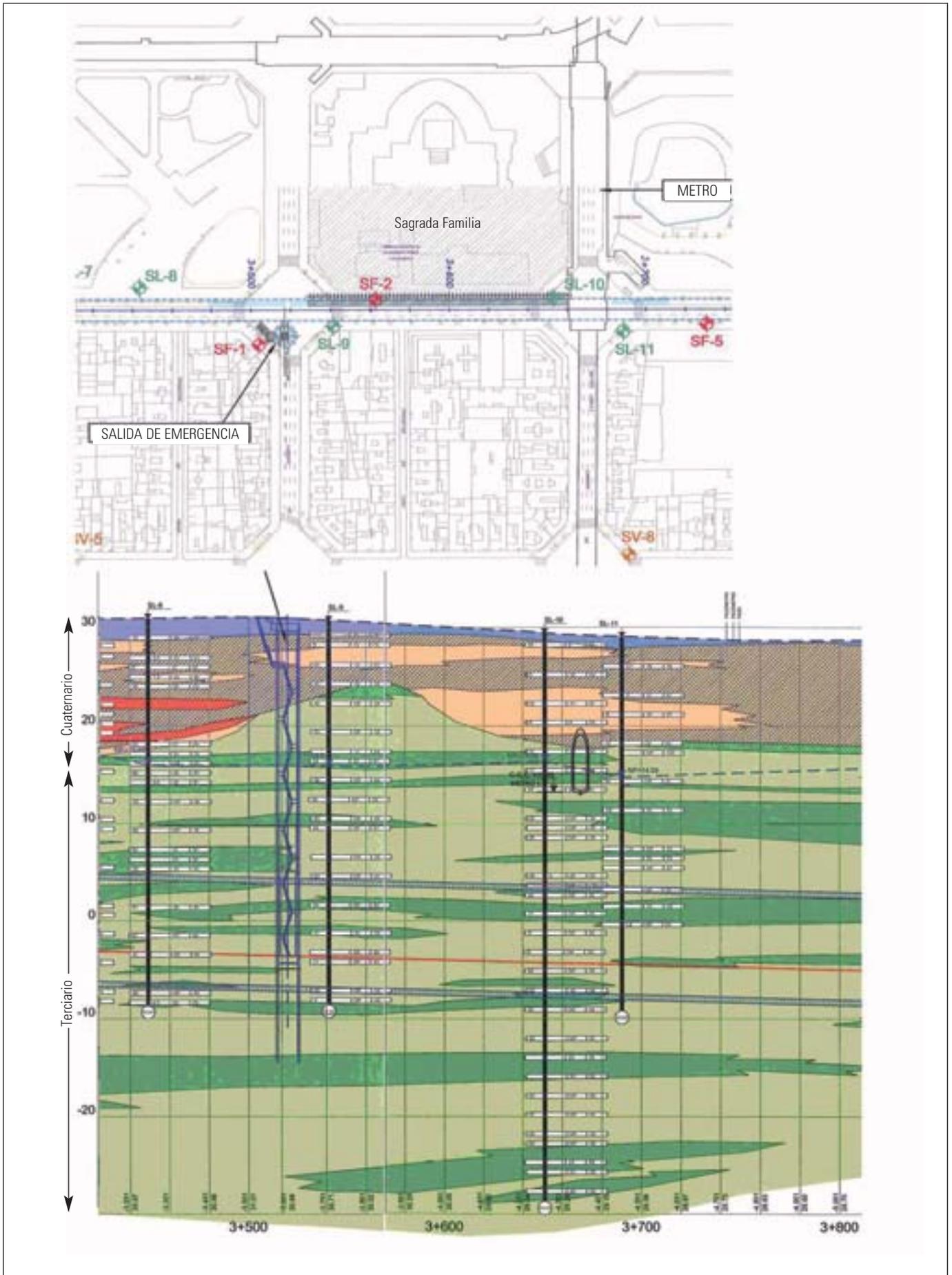


Figura 3. Situación en planta de los sondeos disponibles y perfil geológico. Fuente: ADIF (2006 y 2007).



Figura 4. Situación en planta de los sondeos disponibles y perfil geológico con los sondeos SF-1, SF-2 y SF-5. Los círculos negros señalan las zonas donde se han detectado incertidumbres entre el perfil y los registros de sondeos.

Evaluación del impacto por la construcción del túnel en el medio geológico

La excavación de un túnel provoca una alteración del estado tensional inicial de un terreno con tendencia a producir tracciones horizontales en la clave y un aumento de la compresión vertical en los hastiales. Todo ello induce a la creación de un campo de deformaciones que tiende a cerrar la excavación hacia el túnel, en movimientos radiales. En este proceso se generan movimientos en la superficie con componentes verticales y horizontales. Este fenómeno se denomina *subsistencia* y tiene especial relevancia e impacto en los túneles urbanos por su repercusión en las edificaciones.

El administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) realizó el cálculo de estos efectos sobre la Sagrada Familia con un resultado de afección mínimo. La solución propuesta para interceptar la cubeta de subsidencia y interrumpir la transmisión de las deformaciones entre la excavación del túnel y los cimientos de la Sagrada Familia pasa por construir una pantalla de 26 pilotes encamisados de 42 m de profundidad y 1,5 m de diámetro, separados 2 m entre ejes, a lo largo de la calle Mallorca junto al templo.

La modelización efectuada por ADIF considera un asiento máximo de 2 mm en la fachada de la Gloria, incluyendo la mitigación estimada por la pantalla de pilotes y tomando en consideración el método de excavación, las estructuras existentes, las características del terreno y la presencia de agua. Para la elaboración de cálculo se empleó la información de los sondeos SL-9, SF-2 y SL-10.

Gestión del riesgo

La *International Tunneling Association* recomienda una gestión del riesgo tecnológico para este tipo de obras como un proceso sistemático que incluye cuatro etapas: identificación, valoración, análisis de consecuencias y respuesta.

No existe en el Estado español ninguna normativa, ni protocolo de gestión al

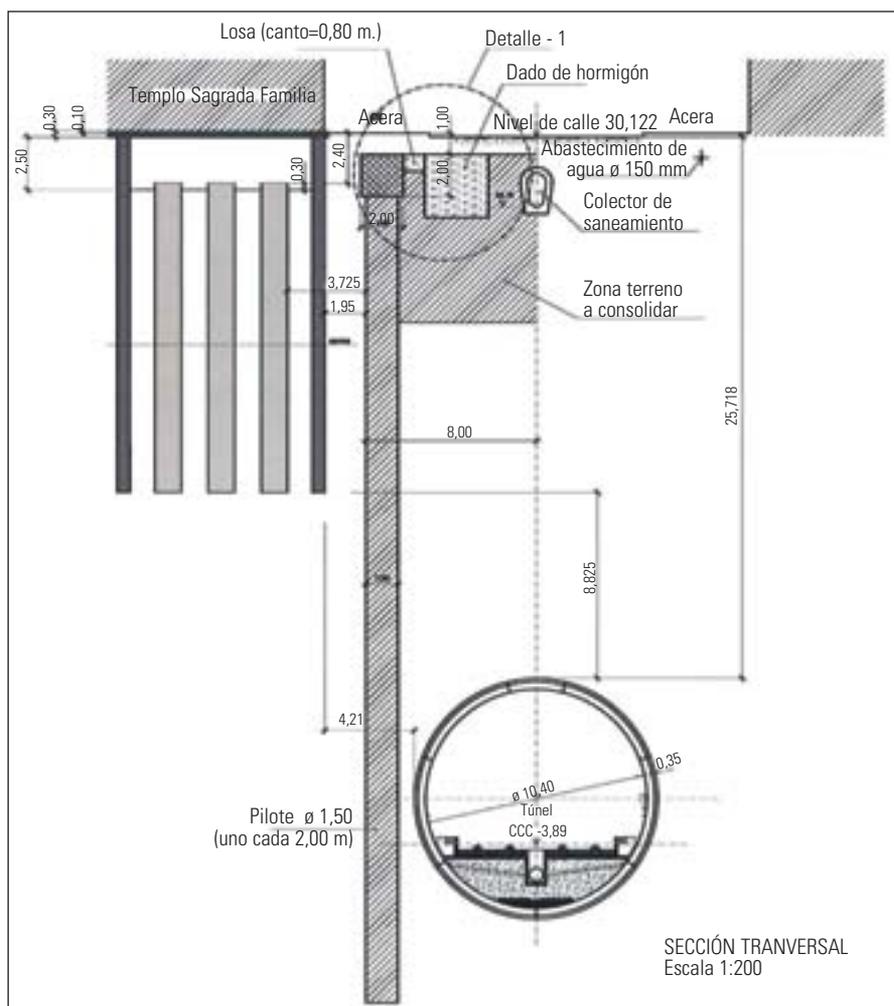


Figura 5. Esquema de la solución propuesta. Perfil perpendicular en la calle Mallorca. Fuente: ADIF.

respecto, que sirva para analizar el riesgo por parte del constructor. El Colegio de Geólogos, Delegación de Cataluña, considera recomendable la realización de un análisis del riesgo que identifique las amenazas específicas de la construcción de un túnel junto a la Sagrada Familia, de manera que se pueda garantizar un riesgo aceptable.

El proceso de valoración de las amenazas potenciales se efectúa de forma individual; para cada una de las amenazas que pueden afectar al proyecto se incluyen de forma sistemática en términos de probabilidad de ocurrencia, de forma cuantitativa y continuada, durante todo el proceso de proyecto y ejecución de la obra. Esto facilita la incorporación y análisis de nuevos datos como son: nuevos estudios geológicos, valores de resistencia obtenidos durante el avance de la tuneladora o durante la ejecución de la pantalla de pilotes.

Identificación de amenazas potenciales

Las amenazas tecnológicas potenciales relacionadas con los aspectos geológicos para este proyecto de túnel Sants-Sagrera son: la existencia de un subsuelo blando y heterogéneo, en una excavación bajo el nivel freático, que se sitúa a una profundidad de 25 m en un entorno antrópico con gran cantidad de edificios y estructuras de servicios. Los impactos potenciales directos que se pueden generar serían:

- Fallo del túnel y creación de un cráter o cavidad en superficie.
- Asiento excesivo que afecte a los edificios más cercanos.

Incógnitas derivadas de la geología del subsuelo

La estadística demuestra que el principal causante del fallo en un túnel o, por

defecto, en la generación de asientos excesivos, vendría generado por un desconocimiento geológico e hidrogeológico del terreno. Para el tramo del entorno del templo de la Sagrada Familia, las amenazas potenciales derivadas de la geología del subsuelo son:

- *Suelos no cohesivos en la clave del túnel.* El desconocimiento preciso de su presencia puede generar procesos de sobreexcavación en la clave del túnel y ello comporta que, a largo o corto plazo, puedan aparecer fenómenos de inestabilidad y asientos imprevistos. Deben revisarse los datos geotécnicos obtenidos en la clave de túnel e identificarse con claridad las diferencias litológicas entre arenas sin matriz y limos.
- *Suelos de rigidez/resistencia variable en el frente de perforación.* El contraste de rigidez en el frente de excavación puede causar que la tuneladora avance con valores de resistencia más elevados en una parte del frente, reduciendo su velocidad de avance y ocasionando que, en las partes menos resistentes del frente, se produzca una sobreexcavación. Esta situación, en caso de no ser prevista y compensada inmediatamente, puede dar lugar a inestabilidades en las inmediaciones del túnel a corto plazo, o la creación de cavidades que pueden producir inestabilidades a largo plazo. Se recomienda, por tanto, conocer bien la alternancia de las tres unidades pliocenas en la traza del túnel, sus cambios de rigidez y resistencia a priori.
- *Variaciones en la geología o en el comportamiento geomecánico de los materiales.* La utilización de una tuneladora de escudo presión de tierras (EPB) comporta una incapacidad de los operadores para poder ver y testificar el material atravesado. Las características del terreno y su comportamiento son cruciales en el ajuste de presión y avance de esta tuneladora. El modelo geológico debe incluir todos los datos existentes. El modelo empleado en el actual perfil geológico y geotécnico es el mismo que el del estudio informativo y no incluye los sondeos de la campaña SF, números 1, 2 y 5. Se recomienda rehacer el modelo incluyendo toda la información disponible, explicitar las zonas de incertidumbres

y ampliar la campaña geotécnica y geofísica.

- *Hidrogeología subterránea.* La construcción de un túnel puede representar un obstáculo para el flujo de las aguas subterráneas. El propio túnel puede ser una pantalla para el flujo subterráneo, provocando un aumento de la cota piezométrica aguas arriba del túnel y un descenso aguas abajo. También puede significar un canal de drenaje de los acuíferos y provocar un descenso de los niveles. Además, existe la posibilidad, durante la construcción, de comunicar diferentes acuíferos y provocar la alteración de la piezometría o la contaminación entre niveles. ADIF considera que este riesgo no es significativo; sin embargo, desde el Colegio de Geólogos se recomienda rehacer los cálculos en este aspecto y revisar el modelo geológico.
- *Vacíos preexistentes.* La excavación del túnel Sants-Sagrera, atravesando cavidades existentes naturales o antrópicas, puede dar lugar a sobreexcavación y a errores en la cubicación de las tierras extraídas y dificultades en las medidas de estabilización y sostenimiento de la excavación, así como asientos a corto-medio plazo. Se recomienda la ejecución de prospección geofísica para resolver esta cuestión.

Factores condicionantes de incertidumbre en la información

Hay factores que condicionan la obtención de nueva información como por ejemplo:

- *Uso histórico del territorio.* El Eixample es un barrio de Barcelona donde, a lo largo de su historia, se han desarrollado grandes cambios que han afectado el territorio y su subsuelo: la construcción de cimientos, la extracción de agua, la instalación de servicios subterráneos, etc. Todo ello comporta una incertidumbre asociada al hecho de que cada etapa sucesiva de desarrollo deja ocultos los rastros anteriores indocumentados.
- *Restricciones físicas de los trabajos.* El paisaje urbano presenta obstáculos que afectan a la correcta ejecución de las campañas de prospección previas a la

ejecución de la obra. Un problema de las zonas urbanas es la incapacidad de acceso directo a las zonas donde realizar los sondeos. En la zona de la Sagrada Familia los problemas vinieron derivados de la situación de sondeos o prospecciones geofísicas en calles transitadas.

Factores de incertidumbre relacionadas con la técnica de construcción

El túnel Sants-Sagrera se construirá con una tuneladora del tipo EPB que, en el frente de excavación, mantiene una presión equivalente a la que tiene el terreno natural. Para conseguir esto, el empuje de la máquina transmite una fuerza que sirve para excavar y mantener la presión. Las incertidumbres tecnológicas del método constructivo son:

- *Incapacidad de observación directa del terreno.* Esto hace indispensable un conocimiento previo exhaustivo del terreno, que garantice el mejor rendimiento de la tuneladora.
- *Dificultad de cubicar el terreno excavado a partir de los detritus.* El detritus obtenido por la tuneladora se presenta triturado y mezclado con aditivos de la excavación, hecho que dificulta el cálculo de tierras excavado y permite que puedan pasar inadvertidas las sobreexcavaciones. En el frente de excavación o en el espacio anular pueden formarse cavidades que si no se tratan adecuadamente dan lugar a inestabilidades o asientos excesivos.

Propuesta de ampliación de la campaña de prospección

El conocimiento detallado de la litología y la cota del nivel freático, con el objeto de calcular la presión hidrostática, es imprescindible para la optimización de la maquinaria, así como para alcanzar unos mínimos asientos del terreno.

Los asientos provocados se reparten según una campana de Gauss, donde el valor máximo se alcanza en la clave de túnel, en el eje de la calle Mallorca, disminuyendo hacia los extremos. Los asientos máximos previsibles serán del orden de 3 a 5 mm. Con la ejecución de la pantalla de pilotes prevista se asegura que no llegue ningún tipo de asiento a la cimentación del templo.

La utilización de una tuneladora EPB comporta una excavación sin observación directa del terreno, con rendimientos previstos de más de 25 m al día.

Por todo ello, como aproximación a la minimización del riesgo, el Colegio de Geólogos recomienda complementar el modelo geológico y hidrogeológico a lo largo y ancho de la calle Mallorca antes de construir el túnel, mediante la ejecución de sondeos en el entorno de la Sagrada Familia, e implementar la red de piezómetros de la zona para medir el nivel freático y sus oscilaciones. También se recomienda repetir el ejercicio de cálculo de asientos empleando una horquilla más amplia para las propiedades y condiciones del terreno.

Los sondeos propuestos, todos ellos de 40 m de profundidad, serían:

- SG-1: PK 3+475. Lado montaña. Objetivo: resolver la incertidumbre entre la información del modelo y la del sondeo SF-1, profundizar en la naturaleza y geotecnia de la clave de túnel.
- SG-2: PK 3+575. Lado mar. Objetivo: resolver la incertidumbre entre la información del modelo y la del sondeo SF-2, en cuanto a la posición del contacto Cuaternario-Plioceno y las diferencias de materiales y características geotécnicas a cota del túnel.
- SG-3: PK 3+618. Lado montaña. Objetivo: resolver la incertidumbre entre el modelo en cuanto a la posición del contacto Cuaternario-Plioceno y las diferencias de materiales y características geotécnicas donde se construirá la pantalla de pilotes de protección del templo.
- SG-4: PK 3+638. Lado mar. Objetivo: resolver la incertidumbre entre la información del modelo y la del sondeo SC-1, en cuanto a la posición del contacto Cuaternario-Plioceno y las diferencias de materiales y características geotécnicas a cota del túnel.
- SG-5: PK 3+710. Lado montaña. Objetivo: resolver la incertidumbre entre la información del sondeo SL-11 y del sondeo SF-5.

Además, se plantea la posibilidad de llevar a cabo una prospección geofísica, mediante

sísmica *cross-hole* y perfiles gravimétricos en superficie.

Con toda esta información cabe esperar la construcción de un modelo geológico-geotécnico en 3D de la zona de la Sagrada Familia, que incluya el máximo detalle de las alternancias de materiales y su geometría.

Conclusiones

El paso del AVE en el entorno del templo de la Sagrada Familia es viable siempre que se tenga un conocimiento exhaustivo del terreno, se adopte una correcta solución constructiva y se lleve a cabo una perfecta ejecución de la obra que no comprometa la seguridad.

Los estudios geológicos realizados en el entorno de la Sagrada Familia cumplen con los estándares de calidad habituales. Sin embargo, se han detectado incertidumbres en el modelo geológico que sugieren profundizar en el conocimiento de las características del terreno y su comportamiento en un grado más elevado de detalle. El modelo geológico actual no incluye toda la información geológica generada.

Las experiencias recientes en túneles urbanos sugieren que, con los medios actuales, no se garantiza la minimización del riesgo que la sociedad civil exige para este tipo de obras.

El conocimiento previo del terreno debe ser ampliado antes de la ejecución de la obra. El modelo geológico actual ha de completarse de forma que pueda facilitar el mejor conocimiento de la interacción entre terreno y túnel; hay que determinar las incertidumbres y el lugar donde se localizan.

Se deben resolver las dudas sobre la presencia de suelos no cohesivos sobre la clave del túnel, suelos de resistencia variable en el frente de perforación y las incertidumbres relativas a la geometría de las formaciones geológicas o el comportamiento geomecánico de los materiales.

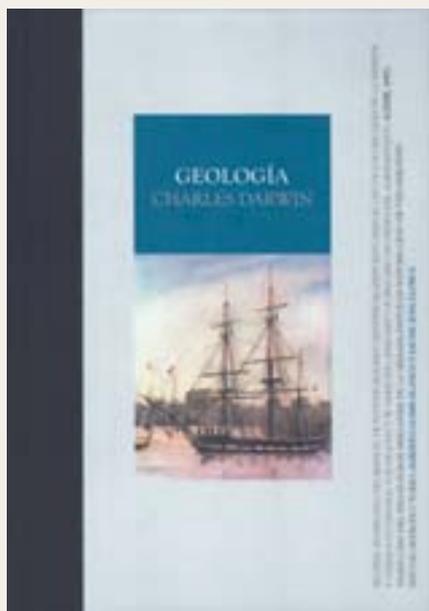
Se recomienda ampliar los estudios realizados en el entorno del trazado del túnel del templo de la Sagrada Familia con la perforación de cinco sondeos, en

emplazamientos definidos, con el objeto de alimentar el modelo actual bidimensional para convertirlo en un modelo geológico tridimensional con datos cuantitativos, que identifiquen y minimicen las incertidumbres existentes.

Se recomienda llevar a cabo un proyecto de gestión del riesgo que contemple no sólo aspectos ligados al terreno, sino también al proyecto constructivo, su adjudicación y la ejecución de la obra.

Bibliografía

- ADIF (2006). *Estudio informativo complementario sobre las modificaciones del trazado en el tramo Sants-La Sagrera (Barcelona). Línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-frontera francesa.*
- ADIF (2007). *Proyecto de construcción de plataforma y vía línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-frontera francesa. Tramo: túnel de conexión Sants-La Sagrera (Barcelona). Anejo nº 3. Geología.*
- ADIF (2007). *Proyecto de construcción de plataforma y vía línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-frontera francesa. Tramo: túnel de conexión Sants-La Sagrera (Barcelona). Anejo nº 5. Geotecnia.*
- Atkins, W. S.; Lance, A. y Anderson, J. M. (2006). *The risk to third parties from bored tunnelling in soft ground*, prepared by W. S. Atkins for the Health and Safety Executive 2006, Reserch Report 453.
- British Standards Institution (2001). *Code of practice for safety in tunnelling in the construction industry*, BS 6164.
- Eskesen, S. D.; Tengborg, P.; Kampmann, J. y Veicherts, T. H. (2004). *Guidelines for tunnelling risk management*, ITA Working Group nº 2, 217-237.
- Telford, T. (2005). *Closed-Face Tunnelling Machines and Ground Stability. A guideline for best practice*, closed face working group of the British Tunnelling Society.



Charles Darwin

Traducción de Juan Nepomuceno de Vizcarrondo

Edición y estudio introductorio de Alberto Gomis y Jaume Josa

Cádiz, Diputación de Cádiz, 2009

ISBN: 978-84-92717-07-1

La primera traducción española de una obra de Darwin

El *Manual de investigaciones científicas* que el brigadier Juan Nepomuceno de Vizcarrondo tradujera para uso de la armada es una de esas pequeñas joyas bibliográficas que han quedado ocultas en los estantes de las librerías hasta que la tenacidad y sapiencia de Alberto Gomis y Jaume Josa la sacaron a la luz, con ocasión de publicar su *Bibliografía crítica ilustrada de las obras de Darwin en España (1857-2005)*.

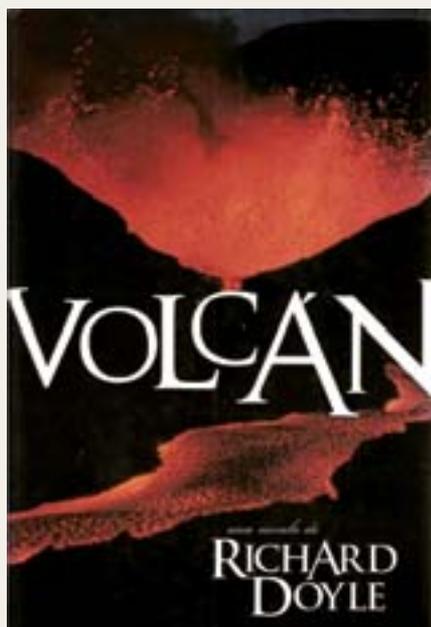
En efecto, como estos mismos autores se han encargado de publicitar, en esta obra coral se encuentra el primer trabajo de Charles Darwin vertido al castellano; se trata del capítulo "Geology", destinado a la compilación editada por sir John Herschel bajo el título *A manual of scientific enquiry...* (Londres, 1849). La versión castellana se elaboró sobre la segunda edición, dos años después a la del príncipe. El texto de Darwin en castellano salió de las prensas gaditanas en 1857, apenas nueve años después de que hubiera sido redactado.

La lectura de este ensayo geológico resulta hoy tan viva como debió serlo en el momento en que el "caballero Carlos Darwin, miembro de la Sociedad Real y Geológica" lo escribiera. Son 41 páginas dedicadas a mostrar el interés de los estudios geológicos, su utilidad científica y lo atractivo de su práctica por quienes se dedican al estudio de la historia natural, especialmente para los viajeros embarcados en navíos de la armada. Todo un fervoroso canto a la disciplina sobre la que, en esos años centrales del XIX, giraban primordialmente los intereses de Charles Darwin.

La conmemoración del segundo centenario del nacimiento del científico británico, que venimos celebrando a lo largo de todo 2009, ha sido momento pintiparado para que la Diputación de Cádiz haya segregado el capítulo darwiniano del *Manual de investigaciones científicas*, y decida ofrecerlo al público con un bello y atractivo formato. El estudio introductorio, tan extenso como la propia obra a la que sirve de introducción, ha corrido a cargo de Alberto Gomis y Jaume Josa, redescubridores del texto. Con su habitual erudición analizan en él la actividad geológica de Darwin a bordo del *Beagle*, el proceso de redacción del *Manual de investigaciones científicas* coordinado por Herschel y el contenido propio de la sección geológica redactada por Darwin. Completa esta introducción un inédito estudio biográfico sobre la figura de su traductor al castellano, el marino Juan Nepomuceno de Vizcarrondo.

Sólo nos queda felicitarnos por la posibilidad de disponer de este texto darwiniano casi olvidado, reimpresso en manera facsimilar. Por último, agradecer a Alberto Gomis y a Jaume Josa sus trabajos en pro de arrojar luz sobre la presencia de Charles Darwin en nuestros lares, y al servicio de publicaciones de la Diputación de Cádiz el habernos ofrecido tan singular opúsculo.

Antonio González Bueno


Richard Doyle

Traducción de David Cifuentes

Edita: Random House Mondadori

Año 2007

ISBN: 978-84-01-33633-1

Volcán Palmeño

Richard Doyle, en su novela de acción, titulada *Volcán*, nos sumerge en un puntualmente interesante relato que bien pudiera rayar la ficción, según criterio de cualquier neófito del tema. En su prólogo nos desvela las claves del argumento, pero no los detalles, como es natural.

El descendiente del autor de las novelas sobre Sherlock Holmes nos sitúa en Goodwill, pueblecillo de la costa este estadounidense, donde está destinado que ocurra un acontecimiento único. El origen está en un volcán español, en las islas Canarias, cuyo cataclismo provoca un tsunami de proporciones bíblicas.

Volcanes, terremotos y tsunamis pueden llegar a ser fenómenos perfectamente interactivos, como ha demostrado Doyle, quien además escribe sobre la base de una nueva hipótesis sobre el origen de los grandes tsunamis, de enorme actualidad.

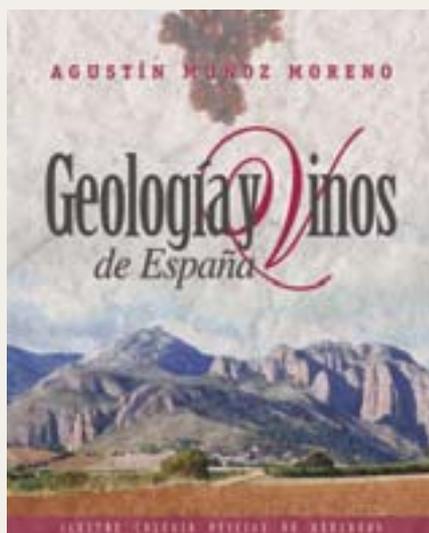
Surfistas, politiquillos, inversores, marineros, comerciantes, productores de películas de serie B, periodistas de pacotilla... son todos carroñeros, cada uno a su manera, de los avatares que van surgiendo en la costa de Maine. Se acerca un tsunami, provocado por el desprendimiento de la caldera de un volcán al otro lado del océano Atlántico, cuyas fases eruptivas son extraordinariamente descritas, gracias al protagonismo dado a los vulcanólogos.

Como científico, les doy especial importancia a mis temerarios colegas: los vulcanólogos que estudian en La Palma el volcán Cumbre Vieja, que son tan heroicos como los que intentan defender la costa estadounidense de las gigantescas olas. Pero ambos se diferencian en que los primeros piensan a largo plazo. Esta peculiaridad es la que caracteriza los trabajos que sobre riesgos naturales vienen realizando a lo largo de muchos años tanto geólogos como meteorólogos y otros profesionales dedicados a estos temas. Desean conocer mejor el mundo para evitar que las personas sufran los daños indirectos de los fenómenos naturales inevitables, sean terremotos, inundaciones o sequías.

A los vulcanólogos, más por vocación que por cordura, que andan por la fragua de Vulcano intentando saber algo más sobre los mecanismos telúricos de nuestro planeta, les toca vivir muy directamente el riesgo para conseguir información sustancial. En esta novela, como en pocas, se detecta un conocimiento preciso de ese trabajo de campo, extremadamente peligroso en algunas situaciones. El autor se ha esmerado intensamente sobre este particular, lo cual es de agradecer.

Es una novela en la que, salvo la erupción, todos los elementos confluyen en Goodwill, población donde se espera el mayor tsunami de la historia. Y allí están los surfistas, a la espera del acontecimiento. Entre ellos, el Rey, quien sin quererlo ni saberlo, se convertirá en un mito, objeto de peregrinación de esos chalados de lo salvaje, que le venerarán como a un dios. Así se salvará económicamente un año sin ballenas y sin pesca.

Aunque pudo haber sido mejor para ese deporte si no hubiera estallado el buque cisterna, partiendo en dos la ola, porque el Rey habría pasado a la historia como el único en cabalgar una ola de 50 metros.


Agustín Muñoz Moreno

Edita: ICOG

Año 2009

541 páginas

ISBN: 978-84-920097-5-6

Precio: 60 euros

Geología y vinos de España

Desde hace años, el Colegio de Geólogos ha tenido intención de editar un libro sobre la geología y los vinos. Ya hace tiempo realizó una tertulia del Geoforo sobre este interesante tema, al que acudieron como ponentes un enólogo francés que trabaja en la Ribera del Duero, autor del libro aquí reseñado, Agustín Muñoz.

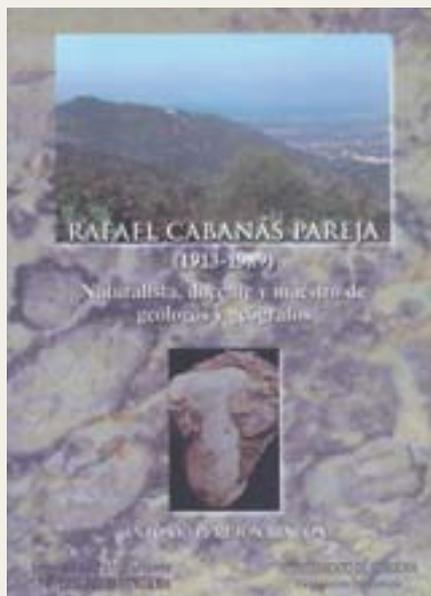
Es el primer libro que se edita en España con esta relación tan estrecha entre las características geológicas del terreno y la calidad de los vinos.

En esta obra se resalta la relación fundamental entre la geología y el vino. Esta relación lógica normalmente queda difusa, ya que se habla habitualmente de la naturaleza y características de los suelos y su influencia sobre los viñedos, soslayando que la geología del sustrato y los procesos que originan el suelo son esenciales, y que éstos dependen estrechamente de la geología de la zona, geología en sentido amplio, pues su conocimiento abarca casi todas las especialidades, como mineralogía, petrología, geoquímica, geomorfología, hidrología e hidrogeología, etc.

Este libro supone un proyecto ambicioso, pues podíamos quedarnos en la simple exhibición de mapas geológicos, con sus explicaciones y consecuencias generales, sin embargo se ha realizado una recopilación de datos y sobre todo de algunas experiencias directas en el ámbito del vino, buscando su grado de relación con el medio geológico.

La obra, después de reflexionar sobre el mundo del vino, expone en un primer apartado la descripción de la vid y su cultivo; después trata del vino, de los tipos resultantes y de los procesos para su elaboración; la relación entre geología, suelo y vid se trata en el siguiente apartado, analizando los factores favorables y los problemas de esta interrelación; seguidamente se describen la geología, la realidad física y los vinos de las denominaciones de origen españolas, su descripción y problemática; finalmente, en los anejos, se recogen los datos que pueden interesar a los lectores.

Esperamos que en este libro encuentre el aficionado un aliciente para aumentar su afición y que los técnicos y expertos vean ideas, enfoques, puntos de vista y detalles curiosos que les ayuden a complementar sus conocimientos.


Antonio Perejón Rincón

Servicio de Publicaciones de la Universidad
de Córdoba y Ayuntamiento de Córdoba

Delegación de Cultura

Año 2009

272 páginas

ISBN: 978-84-9927-000-5

ISBN: 978-84-89409-86-6

Rafael Cabanás Pareja (1913-1989) Naturalista, docente y maestro de geólogos y geógrafos

La obra constituye una biografía científica del geólogo Rafael Cabanás Pareja (1913-1989), maestro nacional, profesor de Enseñanza Secundaria y profesor ajunto numerario de Geología de la Universidad de Córdoba, en la que se analiza su labor docente e investigadora, destacando sus importantes aportaciones al conocimiento de la geología de Córdoba, Jaén y Almería, así como de Marruecos.

La obra se divide en tres partes, la primera trata su peripecia vital, sus estudios, desde los primarios a los universitarios. En estos últimos se pone de manifiesto su tesón para superar las dificultades inherentes a estudiar por libre una licenciatura de Ciencias Naturales en Madrid y doctorarse en ella, viviendo en Córdoba y trabajando para mantener a su familia.

La segunda parte constituye un análisis crítico de su abundante producción científica que se encuentra dispersa en libros, artículos de revistas y de periódicos y comunicaciones a congresos, así como los temas de las conferencias que impartió, sus cuadernos de campo recuperados y el material conservado de su archivo fotográfico y de diapositivas. La lectura de sus trabajos nos descubre un científico metódico y constante en sus observaciones de la naturaleza y un incansable naturalista y geólogo de campo.

La tercera parte son apéndices, bibliográfico y documental, donde se relacionan sus reconocimientos y publicaciones, y se reseña brevemente el contenido de cada uno de los documentos que se han consultado, así como los archivos en los que se encuentran. El libro se completa con dos índices, uno onomástico y otro de topónimos, de gran interés para conocer los científicos con los que se relacionó y las áreas geográficas en las que desarrolló sus trabajos.

Esta biografía pretende también recuperar y potenciar el reconocimiento de Rafael Cabanás Pareja, alumno de Francisco Hernández-Pacheco, como miembro de la Escuela Española de Geología, y reivindicar un puesto relevante para su obra y su persona dentro de la geología española del siglo XX.

**Autores (por orden de aparición):**

L. E. Suárez Ordóñez, C. Martín Escorza, J. M. Baltuille Martín, M. Martínez Parra, M. Regueiro, R. Oyarzun, W. Martínez del Olmo, M. de Tena-Dávila, R. Rodríguez Fernández, F. López Olmedo, A. Martín Serrano, J. Matas, L. M. Martín Parra, M. Montes, F. Nozal, J. Gisbert, A. Carbayo, J. Rubio, L. Carrillo Vigil, J. Martínez Frías, M. Á. Rodríguez Pascua, J. Escuder Viruete, E. Aracil Ávila, J. J. Durán Valsero, L. Carcavilla Urquí, J. Ramón Vidal Romani, M^a I. Gómez García, A. M. Alonso Zarza, J. Álvarez-Marrón, A. Calonge, C. Díaz, M. A. Díez-Balda, I. Gil-Peña, C. Sapalski

Edita: Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

Editor: José Luis Barrera

Año 2009

364 páginas

ISBN: 978-84-9200-978-7

Precio: 12 euros

La profesión de geólogo

Pese a ser una profesión joven en España —la primera promoción de licenciados en Geología, propiamente dichos, se licenció en la Universidad Central (hoy Universidad Complutense de Madrid) en el año 1958—, los profesionales de las ciencias geológicas han avanzado de una manera impresionante en estos 52 años. Este libro es un excelente reflejo de ese espectacular desarrollo de la profesión.

Es una sola carrera pero tiene una inmensa variedad de salidas profesionales en un amplio número de sectores industriales o sociales, lo que le confiere unas características especiales y diferenciales frente a otras. En ella confluyen el trabajo en entornos naturales, en grandes obras civiles o construcción, en entornos informáticos y virtuales, en laboratorios, en la formación o en la divulgación.

El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, de la mano de José Luis Barrera Morate, que ha dirigido a un amplísimo elenco de geólogos profesionales especialistas en cada uno de los campos tratados, ha sido el afortunado conductor de esta necesaria iniciativa, que busca que los ciudadanos conozcan mejor y más a una profesión aún poco conocida en España. Porque, sin duda, para aplicar el lema del colegio, “la geología al servicio de los ciudadanos”, es necesario que los ciudadanos sepan qué puede hacer un geólogo por ellos y cómo desarrollan su trabajo. Este libro es un práctico manual para conocer mejor esta apasionante profesión.

El libro recorre en sus primeros capítulos aspectos tan interesantes como la historia de las instituciones geológicas en España o una también amena reseña histórica de los profesionales de la geología española desde los siglos XVII al XX.

Después, en capítulos sucesivos, se describen las actividades profesionales de los geólogos, con un guión común para casi todos los apartados: descripción de la rama técnica, trabajos que realiza el especialista en esa rama, herramientas que utiliza, profesionales con que se relaciona, cuáles son sus clientes, conocimientos que aporta, oportunidades de empleo en esa especialidad, etc.

Los campos profesionales tradicionales que se han analizado son: hidrogeología, minería, petróleo, medio ambiente, cartografía, profesor universitario o de instituto, geoquímica, geofísica y paleontología. También se analizan otros campos profesionales menos conocidos y tradicionales, pero de una gran importancia, como la cooperación al desarrollo, la astrogeología, los riesgos naturales, el patrimonio geológico, la geomorfología o la gemología. Finalmente, hay también un capítulo específico sobre las mujeres en la geología.

Decía el premio Nobel Anatole France (1844-1924), que “la oscuridad nos envuelve a todos, pero mientras el sabio tropieza con alguna pared, el ignorante permanece en el centro de la estancia”. Querer saber, intentar entender la naturaleza para servir con su trabajo al desarrollo sostenible de la sociedad moderna, es lo que todos los geólogos hacen en su trabajo cotidiano. Abrir los ojos a otros y ayudarnos a todos a entender qué hacemos sobre la faz de la Tierra, cuál es su pasado y su posible futuro y cómo podemos vivir en ella en armonía, respetando sus normas y su dinámica es lo que diferencia a los geólogos de otros profesionales. Este libro nos ayudará a conocer mejor a los geólogos y a valorar su amplio, variado y magnífico trabajo.

Manuel Regueiro



Ventajas para los colegiados del Colegio de Geólogos:

- 1 - Detalle de Bienvenida a la llegada del hotel (cesta de frutas, botella de agua o bombones).
- 2 - Upgrade según disponibilidad del hotel.
- 3 - Consideraciones a la llegada y salida del hotel.

P | R | E | S | T | I | G | E
HOTELS OF THE WORLD
by keytel

Donde se aloja el prestigio

www.prestigehw.com

Colegio Oficial de Geólogos

Creando contigo la Geología Profesional

**Colegiación • Visado • Asesoría • Títulos Profesionales •
Formación • Bolsa de empleo • Jornadas técnicas •
Tertulias • Revista Tierra y tecnología**

www.icog.es



BARCELONA BILBAO MADRID OVIEDO ZARAGOZA

icog@icog.es - + 34 915 532 403

Es miembro de:

Federación Europea de Geólogos • Unión Profesional • Unión Interprofesional de Madrid •
Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra • Confederación Empresarial de Madrid

