



Tierra y Tecnología

REVISTA DE ACTUALIDAD E INFORMACIÓN GEOLÓGICA

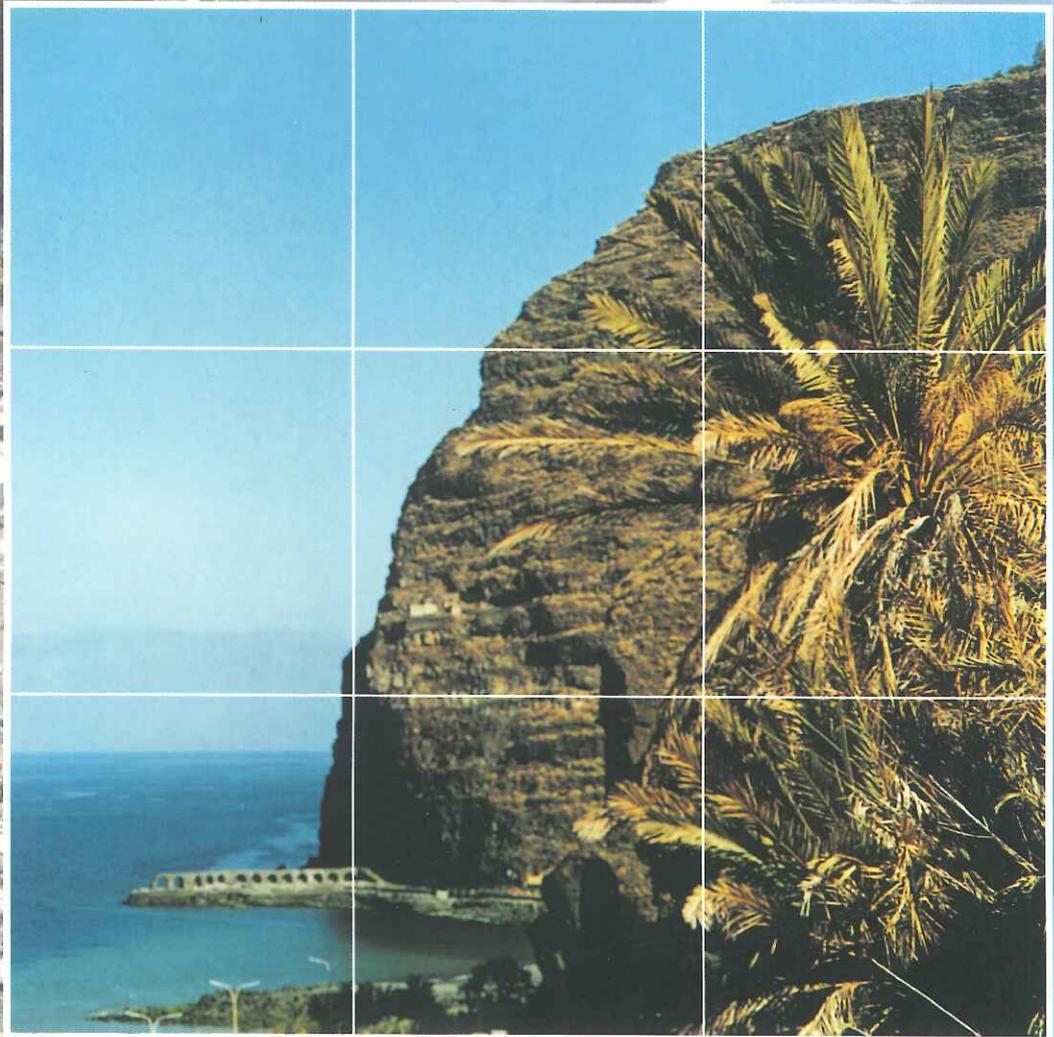
NÚMERO 19

Entrevista:
Fernando Marín Castán

XX aniversario del
Ilustre Colegio Oficial
de Geólogos

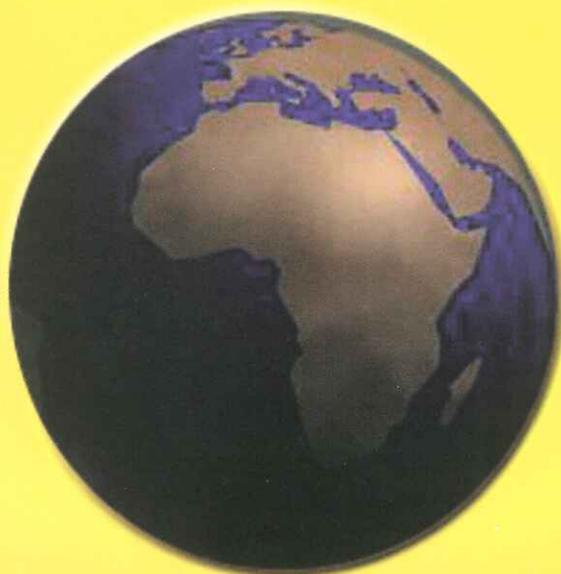
Las aguas minerales
en la provincia
de Burgos

Las rocas ornamentales
de Castilla y León



SEGUNDO SEMESTRE. 1999

<http://tierra.rediris.es>



Tu punto de partida



La página web Oficial
de las Ciencias de la Tierra



Red IRIS



Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

Administración y Redacción

Avda. de Reina Victoria, 8-4.º B

28003 MADRID

Teléfono 91-5532403

e-mail: icog@icog.es <http://www.icog.es>

COMITÉ EDITORIAL

Director. Editor Principal

Oswaldo G^º-Hernán G.

Editores Adjuntos

B. Rivera Prieto

José Luis Barrera

José Luis Ordóñez Fernández

Colaboradores

Carlos M. Escorza

Jorge Ordaz

Luis Alcalá

José Ramón González Lastra

R. Tejero López

R. Campos Egea

Juan Antonio Martín-Vivaldi Martínez

Luis Eugenio Suárez Ordóñez

Jesús Madero Jarabo

José Luis Barrera Morate

Cristina Sapalski Roselló

Grupo Teide

Grupo ZEE

José Ignacio de los Ríos Cobo

Joaquín Lahoz

Salvador Ordóñez

José Manuel Baltuille Martín

Sandra Martín Moreno

Teresa Sánchez Lázaro

Marc Martínez Parra

José M^º Ruiz Hernández

José Ángel Díaz Muñoz

José M^º Ruiz Hernández

Víctor de Barrio Beato

Eduardo Garrido Schneider

Almudena García-Orea Álvarez

Corresponsales

Luis Alfonso Fernández Pérez (Asturias)

Andrés Pocovi Juan (Aragón)

Antonio Jesús García (Andalucía)

José María Montes Villa (Valencia)

Luis Morgues Zaforteza (Mallorca)

Emilio La Moneda González (Canarias)

Alfonso de las Llanderas López (Extremadura)

<http://tierra.rediris.es/tt>
webmaster-Enrique Pampliega

Diseño, Composición e Impresión

Gráficas Summa, S. A.

Tel. 91 326 48 56

98 526 10 00

En Portada

Foto portada: Costa volcánica de Lanzarote (Isla de La Palma) obtenida desde la parte superior del acantilado que domina el puerto viejo. (En el recuadro)

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.

SUMARIO / Nº 19 - 2º semestre de 1999

Editorial	5
entrevista	
Fernando Marín Castán (Director General de Costas)	7
historia de la geología	
Historia «terrestre» de los meteoritos caídos en Cangas de Onís (Asturias).....	38
Centenario del nacimiento de Francisco Hernández-Pacheco 1899-1976	45
medio ambiente	
Caracterización de los abastecimientos urbanos en la provincia de Burgos	20
Las aguas minerales en la provincia de Burgos	83
La Evaluación de Impacto Ambiental en España	92
geofísica	
Aplicaciones de la medición del campo gravitatorio en geología.....	29
XX aniversario	
Veinte años después de aquel inolvidable 26/12/78.....	34
De profesores de enseñanza media a ingenieros geólogos.....	36
Actividades en el Colegio de Aragón.....	58
La enseñanza universitaria de la geología en el XX aniversario del ICOG.....	59
El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Crónica de dos décadas de andadura	61
ciencia	
Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha: una puerta en el tiempo	17
Gemología, una ciencia en alza	76
riesgos geológicos	
La morfología y el carácter sísmico de los márgenes de la isla de Tenerife	13
geología económica	
Las rocas ornamentales de Castilla y León	50
arte	
Pavimentos tradicionales de las calles de Madrid	63
opinión	
La investigación e innovación como futuro del sector de las rocas ornamentales y materiales de construcción. El INTROMAC	70
geología y cine	
¡Cuidado con el primo del lagarto Juancho!	81
poesía	
Fuerzas de la naturaleza	97

Editorial

Nuestra revista *Tierra y Tecnología* comienza una nueva etapa. Hemos valorado el cambio de formato y de algunos contenidos, pero en principio continuaremos en una línea similar. Resueltas algunas dudas, hemos puesto en marcha nuevamente la "maquinaria" entre tres colegiados. Al principio, no es fácil encontrar colaboradores que presten de forma altruista su tiempo libre en la revista, especialmente cuando suelen acuciarnos a todos, problemas familiares, personales, sentimentales, de trabajo...o simplemente necesitas descansar. A partir de ahora esperamos formar un equipo homogéneo y eficaz para repartir tareas. Los nuevos responsables creemos que los anteriores lo han hecho bien. Hay que estar dentro y apreciar el esfuerzo necesario para la publicación de una revista como *Tierra y Tecnología*. Suele ser más fácil criticar que crear. Por ello, si no es posible el apoyo real, al menos estamos seguros de que tendremos muchas críticas. Las esperamos para mejorar, especialmente si son constructivas. El resultado es que después de tiempo y esfuerzo, que será menores en números sucesivos, por fin tenéis la revista en vuestras manos, y empezamos a trabajar en el siguiente número.

En nuestra sociedad el conocimiento científico de la Tierra y las Técnicas geológicas que lo ponen en práctica, son cada vez más necesarios, si bien su implantación real es más lenta de lo que a todos nos gustaría. Los profesionales de la geología (los geólogos), tenemos, entre otros el deber moral de informar de la necesidad de aplicar el conocimiento profundo de estas ciencias para el desarrollo de nuestra sociedad y evitar riesgos naturales o catástrofes relacionadas con la geología. Los que trabajamos en las distintas Administraciones Públicas tenemos, además, la obligación de tratar que estos estudios y Proyectos se hagan en beneficio de los ciudadanos a los que debemos servir.

Este año celebramos el veinte aniversario del Colegio profesional de Geólogos (ICOG), que nace al mismo tiempo que nuestra Constitución Democrática de 1979. Este número de nuestra revista trata de recordarlo y para ello incluimos algunos artículos con la visión de profesionales vinculados al colegio.

Desde el inicio de la etapa democrática, son bastantes los cargos políticos de distinto signo que son o han sido ocupados por geólogos como: Delegados de Gobierno, Gobernadores Civiles, Senadores, Consejeros Autonómicos, Directores Generales, Alcaldes, etc. Como era de esperar nuestros profesionales son capaces de alcanzar altas cotas de responsabilidad política en las diferentes ideologías.

Hace 20 años muy pocos geólogos eran funcionarios. Afortunadamente, cada vez hay mas geólogos, que superando difíciles oposiciones, lo consiguen. Algunos, en su carrera profesional, han superado la competencia con otras profesiones más añejas llegando a altos puestos técnicos dentro de las Administraciones como Subdirectores Generales, Directores Territoriales, Directores Provinciales, Consejeros Técnicos, Responsables de Areas, o científicos, como: Investigadores, Catedráticos, además de Rectores y Decanos. De esta forma no sólo se demuestra la valía de nuestros profesionales, sino que también debe influir en la

necesidad social de nuevos proyectos científicos o técnicos y obras relacionadas con la geología. También, dentro de las grandes empresas aumentan los Empresarios y Directores Generales que son geólogos. Muchos emergen como Profesionales liberales y Empresarios autónomos dentro del mundo de la geología. Todos ellos deben adquirir entre otras, la responsabilidad de potenciar el conocimiento necesario de la geología como un bien para nuestra sociedad.

De lo anterior podría pensarse en una situación idílica y equivocada de la profesión. Es cierto que hay geólogos directivos tras muchos esfuerzos, pero son más los que deberían serlo. La mayoría trabajan en puestos técnicos con menor reconocimiento del que se merecen. A los más jóvenes, les cuesta encontrar su primer empleo y este a veces es decepcionante. Para mejorar la situación, debemos insistir en la necesidad real de conocer mejor la litosfera como fundamento de la economía y seguridad de nuestra sociedad.

La enseñanza de la geología, la creación de la cartografía geológica, la investigación y aplicación de la hidrogeología, de la geología costera o de los riesgos geológicos y naturales, en la minería, la geotecnia, los residuos sólidos, impactos ambientales o la ordenación del territorio, entre otras muchas áreas, no son lógicas sin la intervención de los geólogos, dirigiéndolas o impulsándolas dentro de equipos multidisciplinarios.

Algunos de estos sectores están claramente en alza en todos los países avanzados como, los relacionados con las ciencias de la Tierra y con el Medio Ambiente. Otros están en recesión al no poder competir en la calidad y costes con países del Tercer Mundo. Nos referimos principalmente a la minería. Otras profesiones especializadas fundamentalmente en este tema, están también en recesión cosa que sentimos. Debe apoyárselas, pero también evitar que entren en colisión abierta con los intereses profesionales de los geólogos, pues esto no beneficia a nadie.

En este contexto se ha creado, con la oposición del Colegio de Geólogos (ICOG) como representante legal del colectivo, la nueva titulación de Ingeniero Geólogo, que pretende ocupar un espacio en el que ejercen actualmente los Doctores y Licenciados Geólogos (colegiados).

Creemos que sería imposible la creación de nuevas titulaciones de Licenciados de Minas o Licenciados de Caminos, Canales y Puertos fuera del control de las actuales Escuelas, Colegios y grupos profesionales del ramo. La oposición por profesionales y docentes sería tal que daría risa el planteamiento. La misma hilaridad debería haber provocado la propuesta de titulación de Ingeniero Geólogo a los que la presentaron en el Consejo de Universidades.

A los geólogos, no les da ninguna risa la nueva titulación de Ingenieros Geólogos, creada por intereses ajenos a los actuales geólogos y entre estos con una mezcla de sorpresa, impotencia, oposición a medio gas, e ingenuos intereses personales de pequeños grupos que a buen seguro se verán defraudados.

Desde luego muchos pensamos que esta nueva titulación entra en colisión con los actuales y reales Ingenieros Geólogos que están ejerciendo desde hace años la ingeniería geológica (hidrogeología, geotecnia, medio am-

biente, minería, etc.) en las Administraciones y Empresas. Son en éstas, en donde los geólogos actuales pueden sentirse más amenazados, en especial los más jóvenes. Creemos indispensable que en las "pasarelas" previstas, se facilite la obtención casi directa de la nueva titulación a los geólogos, especialmente a los que puedan acreditar su trabajo pasado o presente en la ingeniería geológica, en un sentido elemental de la justicia e igualdad de oportunidades ya que ellos no tendrán la oportunidad de elección que se dará a los futuros geólogos.

En este sentido, debemos reclamar de nuestros Decanos y docentes, la actualización de los programas para incidir más en la geología aplicada según las necesidades de nuestra sociedad a lo que servirán (o no) los futuros geólogos que salen de las Facultades. También debemos reclamarles que la nueva Titulación de Ingeniería Geológica esté en relación con las Facultades de Geológicas y no con Facultades o Escuelas distintas a la profesión de Geólogo.

Por otra parte, las Escuelas de Ingeniería Superior han pasado de cinco a seis cursos y las Escuelas de Ingenieros Técnicos reclaman pasar de tres a cuatro (seguramente con razón) sabedores que nuestras Administraciones y empresas, como parte de nuestra sociedad, valoran en primer lugar el número de años de la carrera que hicieron y después los conocimientos, hasta tal punto que el número de cursos limita el acceso (muchas veces injustamente) a puestos Técnicos de responsabilidad. Así es por ley en las Administraciones y de hecho en las empresas. En este contexto hay facultades que sin tener en cuenta la progresión profesional y las consecuencias económicas de sus titulados, pretenden (o ya lo han hecho) reducir el número

de cursos de cinco a cuatro, situándonos al borde del nefasto "grado medio" en un mundo profesional competitivo "contra" profesiones superiores de seis años y otros peligros como los futuros Ingenieros Geólogos, en principio de cinco cursos y luego ya veremos. Aquellos que crean banal este tema, que pregunten a los Ingenieros Técnicos, profesionales muy cualificados con carreras difíciles, en teoría tres cursos (reales más de cinco), que profesionalmente están limitados de por vida.

Nos gustaría terminar con algo que tiene relación con el principio de este editorial: los geólogos vamos progresando (aunque alguno sólo por la edad), en las Administraciones y en el mundo empresarial. Nuestro colectivo forma parte de la sociedad y goza de sus virtudes y defectos. Así tenemos una inmensa mayoría de buenos (o muy buenos profesionales), pero como en todas las profesiones, puede haber una pequeña minoría de indeseables que se aprovechan de su posición (a veces mínima y ridícula) para ejercer de satrapillas, abusar de su pequeño poder y tratar de tiranizar a sus compañeros de trabajo, especialmente a los geólogos, con presiones y amenazas, por no mencionar asuntos más escabrosos e inconfesables. Como colectivo profesional, debemos señalarlos, aislarlos, denunciarlos y despreciarlos, para que al menos no presuman de ser intocables. Alguno de estos, llegado del pasado por el túnel del tiempo, no sólo reniega públicamente de la profesión de la que come, como algo despreciable, sino que grita, maltrata y trata de abusar de otros geólogos. Si no fuese por el daño que hace a algunas personas, podríamos amenazar, aún más, nuestras vidas con la narración de las fechorías de este beodo, Bufón Esperpéntico, rodeado de sus tres o cuatro cascabeles.

NORMAS DE PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

- Para solicitar la publicación de artículos se enviará por fax, correo postal o correo electrónico (e-mail) a la dirección de la revista un breve resumen del contenido del mismo, con el título, nombre completo de autor/es con su dirección y puesto de trabajo. El resumen podrá estar escrito en cualquiera de las lenguas oficiales reconocidas en el estado español, o en inglés. El comité de redacción lo valorará y aceptará en su caso.
- El comité de redacción seleccionará los artículos en función de su temática, contenido y oportunidad a través de los resúmenes y lo comunicará a los autores.
- Los autores serán los únicos responsables de las opiniones de los mismos.
- Los artículos serán escritos exclusivamente en castellano. Serán **inéditos**, tendrán carácter divulgativo y versarán, preferentemente, sobre temas relacionados con las técnicas y ciencias de la tierra.
- El comité de redacción valorará el contenido de los artículos y comunicará a los autores su aceptación a denegación, en su caso.
- El comité de redacción comunicará la aceptación de los artículos a los autores, recomendando la extensión y orientación del tema, así como la fecha probable de publicación.
- El artículo se compondrá de los siguientes apartados: **Título, Breve resumen** (sólo en castellano), **Texto con epígrafes y tablas y Referencias bibliográficas** (no superar las 6 ó 7 referencias).
- Las referencias bibliográficas se referenciarán dentro del texto con un número (ejemplo, (1))
- La parte gráfica se referenciará dentro del texto, siendo recomendable una figura por cada dos páginas enviadas de texto.

Características del texto original

- El texto se escribirá en procesador de texto (Word), letra Arial o similar, tamaño 11, con un espaciado interlineal de 1,5 y márgenes estándar de Word. El tamaño de página será DIN-A4.
- El texto se enviará en disquete con dos copias en papel.
- La extensión máxima será de 10 páginas, catalogándose los artículos en cortos (hasta cuatro páginas) o largos (de cuatro a diez páginas)

Características de la parte gráfica

- Todo soporte gráfico que acompañe al artículo será considerado como **Figura**. Podrán ser esquemas, gráficos o fotos (b/n o color). El soporte recomendable es la diapositiva, reservándose la redacción el derecho de rechazar fotos de mala calidad.
- Los pies de figura se adjuntarán en hoja independiente.

Envíos a: *Tierra & Tecnología* (ICOG); Av. Reina Victoria 8, 4ºB, 28003-Madrid;
Fax: 91 5330343 E-mail: icog@icog.es

Entrevista con el Director General de Costas (Ministerio de Medio Ambiente) Fernando Marín Castán

Por Oswaldo García-Hernán G.
Director de la Revista

– ¿Qué misiones fundamentales encomienda la Administración a la Dirección General de Costas?

– Las competencias de la DGC están expresadas en la propia Ley de Costas, aunque las funciones concretas se desarrollan en el reglamento y en los Reales Decretos de creación y estructura del Ministerio de Medio Ambiente. Uno de los grandes sectores es la protección, la tutela y la policía del dominio público marítimo terrestre empezando por su propia delimitación o deslinde. Otro el que se refiere a actuaciones de mejora, conservación y protección del litoral. Hay otra parte muy importante, a nivel organizativo, para mí una de las más efectivas funciones que tiene encomendadas esta Dirección General, que consiste en informar todos los planes urbanísticos promovidos por los municipios costeros: desde planes generales hasta estudios de detalle, por ejemplo, normas subsidiarias, planes parciales, planes sectoriales... todo ello en la medida que puedan afectar al dominio público marítimo - terrestre. ¿Por qué digo que esto es importante?, ...porque es uno de los caminos que hay para avanzar hacia la gestión integral, porque lo que no pueden es avanzar por un lado los planes urbanísticos y por otro lado los planes costeros ya que están íntimamente relacionados. Entonces yo concretaría, las funciones más relevantes aparte de otras muchas más cuestiones menores, en estas tres que he dicho.

– **Supongo que el urbanismo costero será una fuente de tensiones y problemas...**

– En toda la costa el problema básico es la presión a todos los niveles.



La costa es un espacio, aparte de muy frágil y sensible, muy valioso. Muy valioso desde todos los puntos de vista. Desde el punto de vista de la riqueza nacional, porque creo que es el patrimonio natural de la Nación más importante y al que más rendimiento le lleva sacando España desde hace muchos años a través del turismo, aportando un 11% al Producto Interior Bruto, es decir, la actividad, con mucho, que más aporta al Producto Interior de la Nación. Pero este gran valor de la costa incentiva también los intereses privados, provocando múltiples y variadas apetencias sobre costas especialmente. El metro cuadrado de la costa es oro puro. Ello provoca las ape-

tencias de promotores, hoteleros y de las propias administraciones, con fines sectoriales. Así que las presiones, como ya te podrás imaginar, son de todo tipo.

– **En la determinación del dominio público marítimo-terrestre que ha mencionado; ¿cuáles son los problemas existentes en las costas españolas?**

– ¿En la determinación del dominio público?... bueno pues el deslinde es uno de los temas más conflictivos. La prueba de lo conflictivo que es, la tenemos en que ya la Ley de Costas del 69 (estamos hablando de hace ya treinta años), establecía la obligación para la Administración de deslindar



todo el dominio público en cinco años. Han pasado treinta años y está deslindado aproximadamente un 30%. Cada vez que se hace un deslinde, en la medida que estás afectando a terrenos particulares sobre los que existen fuertes intereses como decía antes, terrenos especialmente valiosos... pues entonces los conflictos son de todo tipo. Es lógico, tal y como nos sucedería a cualquiera de nosotros si a nivel personal o empresarial nos fuera afectada una casa o una finca. Hay que intentar comprender y explicar que se trata de un interés público, de un interés general de primera magnitud y, por consiguiente, hacerlo es algo totalmente necesario. Entonces en este sentido, y aún exponiéndonos a las críticas de los directamente afectados y a múltiples recursos, sí hemos llevado adelante la iniciativa de intentar completar los deslindes lo antes posible porque es fundamental tanto para saber cuál es realmente el dominio público, es decir, su determinación... y a partir de este punto poder actuar, poder protegerlo, poder cuidarlo y también poder sancionar las infracciones que se cometan. Si no tienes el deslinde realizado, y este es uno de los graves problemas que tenemos aquí, es que ni siquiera podemos sancionar conductas que lo perjudican, porque no puedes demostrar si la infracción se ha cometido dentro o fuera del dominio público marítimo-terrestre. Entonces, aunque haya evidencias de dominio

público natural, los tribunales con un formalismo excesivo dicen:

“...bueno si usted no tiene determinado el dominio público no puede sancionar...”. Por ello uno de los objetivos que nos hemos marcado es el de adelantar el deslinde y tenerlo concluido lo antes posible, aunque luego quede pendiente de muchos recursos y muchos pleitos, porque casi todos los deslindes, resultan impugnados. Para avanzar estamos comenzando por las zonas más sensibles y al menos iniciar los deslindes con todas las prevenciones y precauciones que ya la ley establece. Los conocimientos geomorfológicos, son muy importantes para fundamentar los deslindes legalmente.

– **¿Qué mensaje transmitiría a los ciudadanos para proteger la costa?...**

– El principal mensaje sería que la interiorizaran como propia que es lo que es, pues cuando se habla del dominio público parece que es una cosa de la Dirección General o que es del Ministerio o del Estado, pero el dominio marítimo-terrestre es un patrimonio común y principal riqueza de los ciudadanos. Este es el mensaje que transmitiría: al igual que cuidan sus bienes muebles o inmuebles, que cuiden la costa, que es su propiedad compartida y exijan su protección, a sí mismos y a los demás.

– **¿Somos conscientes los ciudadanos españoles de la importancia que tiene la costa y el dominio público marítimo-terrestre, no sólo para**

el disfrute de los ciudadanos sino también para el mantenimiento de los sistemas ecológicos y la biodiversidad de esta delicada zona de costa que divide o une la tierra con el mar y el espacio?

– Yo creo que no. Hay una visión de la costa muy orientada al período de vacaciones que todos hemos disfrutado en verano, con el tiempo en calma, con sol, con el mar casi como un plato. Yo creo que existe falta de concienciación social sobre la importancia de la costa precisamente como un espacio natural, como zona de interacción dinámica entre mar y tierra sujeto a multitud de procesos geomorfológicos, biológicos, hidrológicos,... de todo tipo, y como zona de contacto entre la atmósfera, la tierra y el agua en la que se generan y desarrollan procesos esenciales para el mantenimiento de la vida en el Planeta. Esta visión no creo que esté generalizada entre la sociedad, sino que está más generalizada la visión de la costa como una zona a colonizar en verano, con el mar en calma cuando no hay grandes problemas. Realmente la costa hay que verla también en invierno. De hecho gran parte de los problemas se están manifestando por esa visión parcial de la costa. La gente de repente ve que el agua está avanzando o que directamente las fuerzas de la naturaleza les han derribado su casa y no lo entiende, ¿por qué?... porque no saben cómo funciona esta zona dinámica y en constante evolución que es la costa. De esto, en parte, creo que también han tenido culpa las Administraciones Públicas porque han sido ellas mismas las que, en ocasiones, han otorgado títulos o licencias para la edificación de viviendas, por ejemplo, o para otras actividades más o menos fijas en zonas sensibles en que jamás deberían haberlos otorgado. Eso, sin olvidar lo que son actividades sectoriales con incidencias muy graves sobre la costa. Pero eso, no sé si será objeto de otra pregunta específica, porque es un tema en el que me gustaría especialmente incidir.

– **Efectivamente más adelante hablaremos sobre ese tema, pero ahora me gustaría comentar sobre otro de los pilares de la Dirección General de Costas: las actuaciones en costas; ¿qué tipo de actuaciones se están realizando?**

– La política de costas que me fijé como básica tiene como principio ins-

pirador, el que he dicho antes: dejar de tratar la costa como un sitio en el que cabía todo, para pasar a considerarla como un espacio natural, un espacio frágil, un espacio delicado, que hay que proteger y cuidar... En ese sentido se están reorientando las cosas. El cambio no puede ser de golpe, porque existen muchos proyectos y compromisos formalizados, algunos en convenios, y presentados a financiación Comunitaria (de la Unión Europea), y no es posible hacer modificaciones sustanciales que pongan en peligro la financiación. En los nuevos proyectos o en las reformas y revisiones de los proyectos antiguos son en los que nos estamos reorientando hacia la protección de ecosistemas, a la protección de la costa y a su tratamiento como espacio natural, sobre todo en sitios degradados. Me refiero, por ejemplo, a humedales rellenados en los que deben quitarse los rellenos, en lugar de consolidarlos mediante su urbanización como se hacía antes. La canalización del paso sí supone una infraestructura, pero podemos realizarla fuera del dominio público, por lo que constituye servidumbre de tránsito o servidumbre de protección, pero no sobre la zona sensible, no sobre la ribera del mar por utilizar el término de la Ley de Costas. Entonces estamos dedicándonos a eso, a proteger ecosistemas que además son totalmente necesarios para la conservación de las playas y del sistema físico y biológico costero a través de este tipo de actuaciones; regeneración de dunas, aunque a veces eso implique cerrar partes de las playas, cortarlas a la circulación, en especial de vehículos todo terreno. Si dejas un espacio abandonado a lo largo de una actuación lo normal es que se metan todo tipo de vehículos y acaben convirtiéndose en vertederos. Por tanto, la política de restauración de los ecosistemas costeros, bien se trate de playas, dunas, marismas o acantilados, me parece esencial. En los que la definición de la Ley de Costas, es decir, el deslinde, resulte notoriamente insuficiente para su protección integral, estamos llevando a cabo una política de adquisición. Adquisiciones de los terrenos para la protección integral del ecosistema. En este sentido la primera actuación importante ha sido en las Marismas de Santoña, Joyel y Victoria, en Cantabria. En el pasado constituyó un humedal de primera magnitud, pero que cu-



riosamente estaba sometido a muchos peligros incluso urbanizadores. Había unas concesiones que permitían desecar y urbanizar, ¿en qué consistió allí la primera actuación?... en adquirir la marisma de Joyel, en tener la titularidad el Estado, es decir, todos los españoles. No olvidemos que es dominio público marítimo-terrestre, es decir, que es un dominio de todos los españoles. La segunda medida que haremos con ese humedal es tomar una serie de medidas puntuales para su protección, ¿a base de qué? ... pues de restituir el régimen hidráulico, en retirar rellenos. En este caso concreto existen además en su ámbito construcciones que tienen un valor arqueológico, histórico y etnográfico importantísimo como son los Molinos de Marea. Hay en concreto ruinas de seis o siete molinos. Uno de ellos es una verdadera joya, en el que aunque está muy deteriorado, probablemente llevemos a cabo una restauración de la forma más fiel posible. Simplemente para admirarlo tal y como era en el pasado. En las Marismas de Santoña se han realizado también demoliciones de diques, de instalaciones de cultivos marinos, creándose en su lugar islas para estancia y anidamiento de aves.

– **¿Colaboran los Ayuntamientos con mentalidad de defensa del bien común y por lo tanto del medio ambiente, o por el contrario son frecuentes los otros intereses p.e. urbanísticos? ¿Les interesa especialmen-**

te las actuaciones a corto plazo, más rentables política y económicamente, o por el contrario colaboran en actuaciones beneficiosas para la costa, que a medio plazo potenciará todos los demás sectores?

– Hay de todo, lo que pasa es que la tendencia actual yo creo que proviene de un fallo en el propio sistema de financiación de las entidades locales, porque no es normal la prevalencia del interés urbanístico en los Ayuntamientos, que en muchas ocasiones se opone radicalmente a la protección del dominio público marítimo terrestre y de sus zonas de servidumbre necesarias también para dicha protección. Entonces hay una tensión permanente entre edificación de terrenos costeros o colindantes con la costa y la oposición por parte de esta Dirección General a intentar que no sea así y a que se cumpla la Ley de Costas. ¿Por qué pasa esto?... no puedo imputarlo a mala fe por parte de alguna administración y tengo que imputarlo a algo que no funciona, para mí este algo que no funciona es un tema estructural ya que los ayuntamientos y administraciones locales tienen sus principales fuentes de ingreso gracias a estas licencias de obras, y a los impuestos sobre bienes inmuebles,... ambos les lleva a colocar ladrillos, es decir, a construir, a urbanizar, ... en este sentido creo que es una de las cuestiones importantes por lo cual se ha producido esta tensión y este inte-



rés de los Ayuntamientos, en la urbanización sería necesario y urgente, si queremos proteger nuestro patrimonio natural, una reforma en el sistema de financiación de los entes locales, que primara su conservación.

– El turismo costero representa la principal industria en nuestro país y gracias a ella obtenemos miles de puestos de trabajo e ingresamos enormes cantidades de dinero. Con eso ¿destinamos los españoles suficientes recursos para la protección de nuestras costas?

– Si todo el mundo cuidara las costas y las actividades sectoriales que son las que inciden más negativamente en las costas fueran respetuosas con el litoral no haría falta hacer nada más para proteger las costas. Fotografías de la costa de hace 40 ó 50 años demuestran una riqueza litoral que se alimentaba a sí misma y que no le hacía falta nada porque no había impactos negativos sobre ella. El problema es que a medida que se suceden los impactos negativos sobre la costa hacen falta actuaciones de reacción. Y esto es lo que exige mayores inversiones, pero uno de los principios básicos para proteger el litoral de la costa es tanto dedicar inversiones como eliminar efectos negativos, o simplemente que desaparecieran estas actividades sectoriales negativas sobre el litoral. Yo incidiría más en la eliminación de las causas que en las medidas reparadoras ya que, en ocasiones, producen daños que son irre-

versibles. El ideal sería una acción preventiva.

– Desde hace años se tiende a reducir la Administración Central del Estado, a pesar de ser de las menores de Europa. Dentro de esta tendencia ¿cómo deberá ser la estructura y relación de puestos de trabajo de esta Dirección General, responsable de una de las mayores extensiones costeras de Europa?

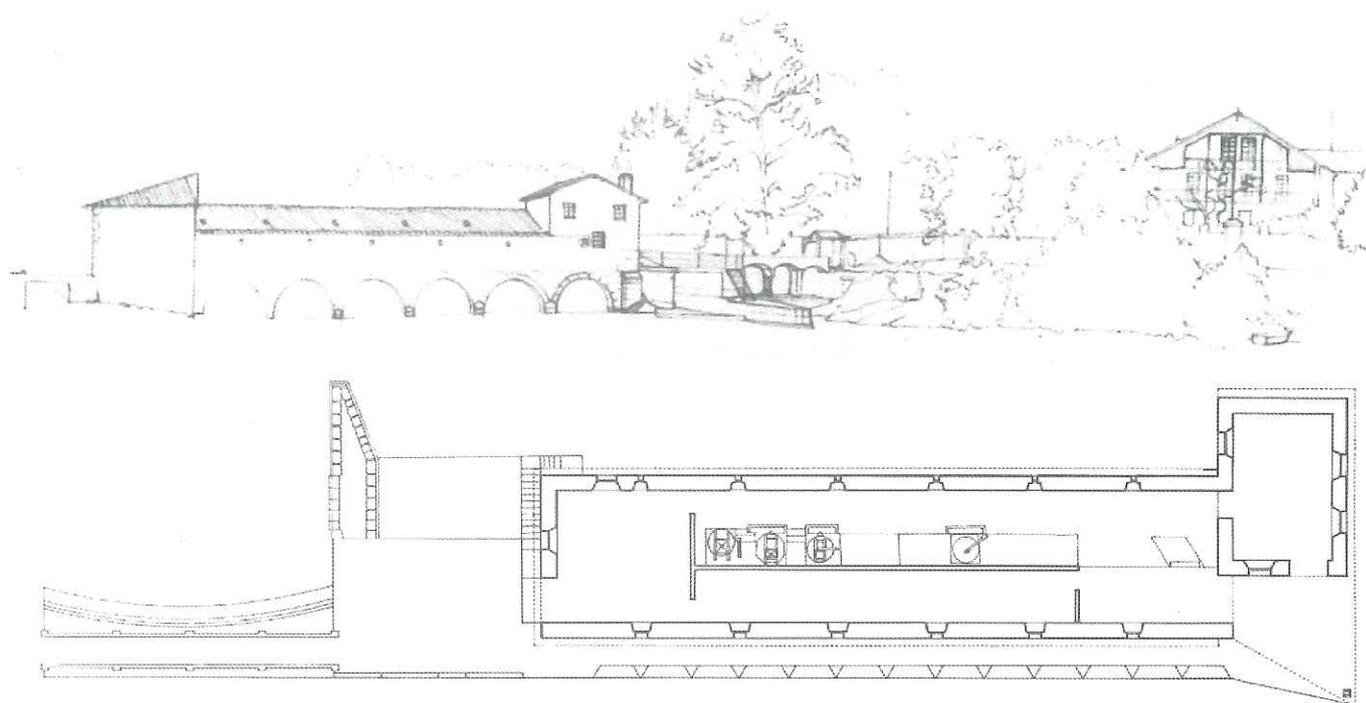
– En cuanto a lo que es estructura, ha de advertirse que la DGC administra 8.000 km. lineales de costa, que junto con humedales, paisajes dunares... llegarían a los 10.000 u 11.000 km. con lo cual pensar en tener una macro-Admón. para administrar estos bienes es muy difícil tratarlos en estos momentos de reducción del déficit público, ya que harían falta miles de puestos de trabajo y no parece que sea el proceso de una Administración moderna. Yo oriento más la política hacia unas estructuras no muy grandes pero sí de gente de mucho prestigio profesional, desde luego multidisciplinarias, que sería uno de los puntos más importantes a tener presente. Por ejemplo aquí, hablando de un medio 100% natural, no existen plazas para geólogos ni biólogos en la plantilla de la Dirección General de Costas, cuando resulta evidente que es necesario un tratamiento tanto biológico como geológico en las actuaciones, para hacer de verdad un tratamiento integral de la costa, para ver cuáles son sus problemas reales y para adoptar las correspondientes decisiones.

– Nuestras costas se están deteriorando, una de las causas es la falta de aportes detríticos que lleguen a las playas; ¿cuáles son los orígenes?...

– Las causas de destrucción de nuestras costas son, desde mi óptica y para resumir, fundamentalmente tres: el urbanismo (se han urbanizado playas, marjales y sistemas dunares), las presas (que a través de la regulación de los ríos y la disminución del caudal sólido de los mismos reduce los sedimentos aportados) y el otro gran enemigo son los puertos (que desnaturalizan las costas, alterando el equilibrio y toda la configuración de la línea costera). Estas tres causas deberían abordarse desde las propias actividades sectoriales, porque difícilmente la DGC puede luchar sola contra otras Direcciones Generales, otros Ministerios u otras Administraciones..., el método sería la previa evaluación real y análisis de las consecuencias para el medio natural, pero una evaluación no predeterminada para hacer la obra sino honesta y objetiva, ya que normalmente es más valioso el bien que se está sacrificando que el pretendido.

– Las distintas actividades (urbanismo, transportes, puertos, obras hidráulicas, etc.) deben planificarse adecuadamente en la Ordenación del Territorio. Según las Directrices Europeas, todas las actividades sectoriales deben respetar el medio ambiente y por lo tanto las costas. ¿Que importancia tiene la geología en la Ordenación del Territorio y protección de la Costa? ¿Debería potenciarse la Ordenación del Territorio en este sentido?

– Sí, lo que pasa es que actualmente el sistema que tenemos de organización constitucional del Estado de las Autonomías va un poco en contra de una planificación general, sobre todo porque las competencias de ordenación del territorio están en manos de las Comunidades Autónomas y la Administración General del Estado no tiene posibilidades de ordenación territorial, con lo cual hay que contar con gestiones compartidas con otros entes por vía de convenio y colaboración. Hay Comunidades que han tomado más en serio el tema de la planificación en sentido de proteger los espacios costeros y otras no los han tenido en cuenta. Lo que es importante es que, antes de que sea demasiado tarde, real-



mente se den cuenta todos los Órganos de esta necesidad. En cuanto a las actividades sectoriales, el problema también es grave, ya que la tendencia es a mirar únicamente su objetivo y no tener en cuenta el medio natural y su necesidad de protección. Esto, en cuanto a las costas, se produce especialmente con los **puertos** donde hay una fragmentación de competencias absoluta, que asume cada autoridad portuaria, con lo cual lo más importante para ella es que su puerto sea el más grande, el más importante y el que más beneficios produzca. El problema es que esa mentalidad la tienen todas las autoridades portuarias y la que finalmente **sufre las consecuencias es la al quedar roto el equilibrio natural**. Entonces lo que haría falta sería una **modificación de las leyes sectoriales**, en el sentido de que los **principios medio-ambientales** por los que se rige esta Dirección General, me refiero a principios de prevención en la fuente, de precaución, de asumir las consecuencias y daños que va a producir la obra,... todos estos tendrían que estar inmersos en todas las leyes que regulan estas actividades sectoriales que pueden tener una incidencia muy negativa en el Medio Ambiente y en la costa en particu-

lar. Es indudable que una ordenación del territorio bien planteada, coordinada con las Administraciones Autonómicas y por lo tanto eficaz para proteger el medio natural, sería beneficiosa para las costas. Naturalmente, no se entendería todo esto sin el conocimiento de la Geología, que es la base en la que se asienta todo lo demás sobre la Tierra.

– **Además de los transportes de arena y de la subida del mar por cambios climáticos (en los que también hay componentes geológicos) que influyen en la costa, existen zonas sensibles provocadas por fenómenos puramente geológicos. ¿Conveniría intensificar los estudios geológicos en las zonas costeras?**

– Cada vez es más evidente la necesidad de que los geólogos realicen investigaciones, estudios y proyectos tendentes a conocer los riesgos geológicos, para predecir, en lo posible, los efectos y así adoptar las medidas para reducir esos trágicos efectos. Las inundaciones por subsidencias en zonas costeras (transgresiones marinas). La estabilidad de taludes o cantiles con riesgo de desprendimientos, deslizamientos y avalanchas. El vulcanismo, los terremotos y tsunamis, con sus efectos asociados. Las

ondas de tormenta. La erosión sobre las rocas que componen las costas. La sedimentología marina y costera. La hidrogeología en las costas (sobreexplotación, intrusión marina y subsidencias). Podríamos extendernos en enunciar las implicaciones y soluciones de problemas costeros relacionados con la Geología. En este sentido, la guía que ha editado el Colegio de Geólogos sobre los riesgos geológicos, nos parece un buen documento de divulgación para que la gente conozca los riesgos relacionados con la Geología y además sirve para dar la voz de alarma, cambiar la idea idílica de la costa y conocer los riesgos que tiene esa zona de interacción dinámica entre el mar, la tierra y la atmósfera.

– **Ha mencionado la erosión marina sobre las rocas y la seguridad de taludes afecta a zonas costeras, ¿qué importancia práctica tiene la geología como ciencia que estudia fenómenos de la Tierra, en concreto los de la costa? Los fenómenos naturales, sus riesgos y consecuencias son cada vez más conocidos por los ciudadanos que reclaman a las Administraciones Públicas los medios para prevenirlos y evitarlos. ¿Qué actuaciones concretas se realizan en este sentido en la DGC?...**

– Nos fijamos como primer objetivo el hacer una primera aproximación a un Atlas de inundación del litoral español. En esto hemos estado trabajando estos años y ya se ha elaborado el modelo para representarlo en una cartografía concreta que nos llevará los próximos 3-4 años, de tal forma que, no sólo los ciudadanos en general, sino nosotros mismos a la hora de planificar nuestras actuaciones, o cualquier Administración para hacer actividades en el litoral, conozcan las zonas en las que existe ese riesgo de inundación. Naturalmente, la geología y especialmente la geomorfología ocupan un lugar destacado en la elaboración de este Atlas. Ya hemos mencionado algunos efectos relacionados con las inundaciones, como la erosión o las subsidencias. Por otra parte, cada vez son más numerosos los estudios, proyectos y actuaciones (obras), para la estabilización de taludes o cantiles, con el fin de disminuir el riesgo en las costas y especialmente sobre las playas. De hecho, actualmente se están realizando varias de estas actuaciones dirigidas por un Consejero Técnico geólogo, adscrito a esta D.G. Deberíamos saber más sobre los peligros y riesgos de que se produzcan grandes deslizamientos que puedan afectar a nuestras costas, entre ellas a las canarias. Es beneficioso el conocimiento integrado de la Geología de la Costa. En este sentido tratamos de unificar, completar e integrar los distintos conocimientos litológicos, geomorfológicos, tectónicos, estratigráficos, geotécnicos, sedimentológicos marinos, etc. todos ellos orientados a proteger el entorno natural costero y aminorar los riesgos naturales.

– Hemos hablado del cambio climático como una realidad, ¿en qué forma podría afectar a zonas sensibles de nuestra costa?...

– Muchísimo, si las predicciones aportadas por el Panel Intergubernamental son ciertas, en la costa española tendrían unas consecuencias catastróficas. Porque precisamente donde más afectará será en las costas y especialmente en las playas. En un acantilado, si sube medio metro el nivel del mar no producirá graves daños, salvo el de acelerar su erosión con el consiguiente riesgo para las viviendas próximas, pero sí acabaría con una playa. En la zona de Levante, ya muy casti-

gada por la falta de sedimentación, si subiese el nivel del mar, la frágil franja de arena que separa el Mediterráneo de la Albufera, o bien el Mar Menor del Mediterráneo, prácticamente desaparecería. También, lógicamente, serían importantes los daños en viviendas y urbanizaciones muy próximas al mar, sobre todo en las zonas aplanadas. Si a esto unimos la posibilidad de subsidencias conjugadas, el drama humano y económico sería notable. Por ello, deben realizarse los estudios y previsiones necesarios, en coordinación con otros muchos países afectados.

– En ese sentido, ¿deberían tomarse también medidas urbanísticas en zonas con posibles problemas de transgresión marina?

– Habría que conseguir que no se construyese ninguna edificación más, y en el caso de las edificaciones ya existentes, aprovechando ese margen de tiempo que nos dan las predicciones (40 años), conseguir una reubicación ordenada hacia el interior, tal y como están recomendando todos los organismos internacionales. Para ello debemos contar con los apoyos de la Administración que sean necesarios y con la comprensión de los ciudadanos. Es importantísima la labor del ICOG exponiendo que esos riesgos son ciertos y concienciando a los ciudadanos. En definitiva; es necesario un cambio de política y de mentalización, no conformarnos con arreglar el problema momentáneamente, sino que hay que buscar soluciones de futuro.

– Para finalizar, ¿cómo ve el futuro de nuestras costas?...

– El futuro de nuestras costas, lo veo regular nada más. La evolución que han seguido en los últimos cincuenta años no es buena. De una forma simple pero descriptiva, podríamos decir que pese a haber sido dotada España de una de las costas más variadas y atractivas del Mundo, que durante siglos habían mantenido en equilibrio físico y biológico extraordinario, en tan sólo cien años, y principalmente a partir de los años 60, ya en este siglo, han sufrido por la mano del hombre un fuerte deterioro que produce pérdidas irreparables y amenaza con destruir grandes extensiones a un ritmo ciertamente acelerado, entendiéndose por destrucción la pérdida de sus valores naturales que son, desde mi punto de vista, los que

constituyen la principal riqueza y atractivo y han convertido a nuestra Nación en la 2ª potencia turística del Mundo. Por ello no puedo ver el futuro con demasiado optimismo, porque primero habría que parar en seco las fuentes productoras de la degradación y en segundo lugar intentar restaurar lo que ya está degradado. Cuando hay tantos intereses sobre la costa, es muy difícil detener la inercia y echar marcha atrás. Por ejemplo, cómo quitas ahora el puerto de Valencia, por decir uno, o el de Sagunto, o el de Castellón,... cuando están produciendo daños efectivos todos los días, daños evaluables que están acabando con todo este litoral. Pues ya digo, las soluciones son muy difíciles lo cual no me hace ser optimista respecto al futuro. Debe existir una clara voluntad, pero una voluntad manifiesta en todas las Administraciones de que lo esencial es proteger la costa. Si no, por desgracia, yo creo que acabaremos con una costa escollera, en buena parte del litoral, sin ningún atractivo. Con esta carrera desarrollista de más infraestructuras, más puertos, más presas,... sin tener en cuenta las consecuencias destructoras para el patrimonio natural, acabaremos con él y con una de las principales fuentes generadoras de riqueza de la Nación. Y esta idea es la que me encantaría que se tuviera en cuenta, desde su parcela de responsabilidad, por todos los responsables políticos y por toda la sociedad, empezando por las propias Administraciones y muy especialmente por todos los ciudadanos exigiendo esas responsabilidades que afectan a nuestro futuro común.

– Muchas gracias y ya sabe que dispone de nuestra revista *Tierra y Tecnología* a su disposición para colaborar en defensa de las costas como patrimonio de todos los españoles. Me atrevo a hacer extensivo este ofrecimiento de colaboración mutua a todo el colectivo de geólogos españoles.

– Pues muchas gracias a vosotros por el ofrecimiento y desde luego yo digo lo mismo, pero además que claro que pienso apoyarme muy seriamente en los geólogos y en el propio Colegio pues creo que en este campo los apoyos y conocimientos de vuestros colegas, como profesionales de las ciencias de la tierra, son imprescindibles.

La morfología y el carácter sísmico de los márgenes de la isla de Tenerife

Evidencia de procesos de deslizamiento masivo

Grupo Teide*
Grupo ZEE**

Las investigaciones sísmicas (proyectos Teide y ZEE) desvelan las características geomorfológicas de los grandes deslizamientos ocurridos alrededor de Tenerife. Un espectacular cono de 500 metros de altura entre Tenerife y Gran Canaria, a 2.250 metros de profundidad, se identifica con un nuevo volcán activo en construcción.

Los Proyectos Teide y ZEE en las islas Canarias han supuesto, y supondrán en los años venideros, una investigación intensiva de calidad en los márgenes de las islas Canarias. La utilización del B/O Hesperides, equipado con sondadores multihaz y sistemas sísmicos de alta resolución de última generación, así como magnetómetro y gravímetro marinos hacen que la cartografía y resultados tanto científicos como de aplicación práctica sean relevantes.

Durante las Campañas TEIDE-95 y TEIDE-96, el Instituto Español de Oceanografía efectuó con el B.I.O Hesperides levantamientos con ecosonda multihaz y técnicas geofísicas, en las proximidades de la isla de Tenerife dentro del proyecto financiado por la UE "Volcanes laboratorio Europeos".

El plan de Investigación Hidrográfica y Oceanográfica de la Zona Económica Exclusiva Española (ZEE), encomendado en cuanto a su dirección y gestión al Instituto Hidrográfico de la Marina y al Instituto Español de Oceanografía tiene como objetivo general el reconocimiento y cartografía de los márgenes españoles hasta el límite de 200 millas náuticas que constituye nuestra ZEE. Durante los años 1995, 1996 y 1997 se efectuaron campañas en el Mar Balear y Golfo de Valencia, estando previsto editar próximamente seis mapas a escala 1:200.000 de las zonas investigadas.

Por solicitud del Gobierno Canario

y a instancia de la proposición no de Ley sobre investigación oceanográfica en Canarias, aprobada el 25 de Noviembre de 1996 por las Cortes Generales, se suscribieron Convenios entre los Ministerios de Defensa y de Agricultura, Pesca y Alimentación con la Comunidad Autónoma de Canarias que establecieron el marco de desarrollo y realización del *Plan de Investigación Hidrográfica y Oceanográfica de la Zona Económica Exclusiva Española en las Islas Canarias*. Durante la Campaña ZEE-98 y siguientes se continuará con la investigación de la ZEE en las islas Canarias.

Metodologías utilizadas

Uno de los objetivos fundamentales en los programas de geociencias marinas en general y del programa de investigación Oceanográfica - Hidrográfica de la Zona Económica Exclusiva Española, se basa en el reconocimiento batimétrico con cobertura al 100 %, de los fondos marinos estudiados, mediante el uso de las ecosondas multihaz que tiene instaladas el B.I.O. Hesperides, denominadas Simrad EM-12 y EM -1000. Ambas ecosondas son complementarias en cuanto a su rango de profundidad, utilizándose la EM-1000 para zonas de hasta 350 m de profundidad y a partir de ahí y hasta cualquier profundidad oceánica la ecosonda EM-12.

Estas ecosondas forman parte de una nueva generación de instrumentos de investigación oceánica, que no sólo obtienen datos batimétricos de muy alta resolución, sino que también son capaces de registrar simultáneamente valores de reflectividad acústica del fondo oceánico produciendo mosaicos de reflectividad acústica del fondo marino, imagen asimilable a una foto aérea del fondo obtenida por métodos acústicos.

Las ecosondas multihaz basan su funcionamiento en la emisión de un número variable de haces de sonido, que al alcanzar el fondo del mar son devueltos hacia la superficie y cuyo retorno es recibido por los transductores del barco, determinándose de este modo, mediante la aplicación de las oportunas correcciones, la profundidad a la que se encuentra el fondo en el área que se va cubriendo según las derrotas del barco (Fig. 1).

El reconocimiento al 100 % del fondo marino, unido a un sistema de posicionamiento de alta precisión (GPS - D) hacen que, tras ser tratados los datos digitales obtenidos con los programas de edición y "gridding" se generen los mapas de curvas batimétricas (Fig. 2), modelos digitales de terreno o representaciones 3D con una muy alta resolución y sobre todo sin dejar zonas no conocidas entre las trayectorias del barco que obliguen a una interpolación. Esta tecnología permite una interpretación morfotectónica prácticamente inmediata.

El concurso de tecnologías complementarias como la magnetometría, gravimetría y sísmica continua por reflexión permiten establecer la historia geológica de la zona y caracterizar sus diferentes elementos.

Objetivos

La campaña oceanográfica **Teide-95** se realizó a bordo del B.I.O. Hespérides por el Instituto Español de Oceanografía. El objetivo principal fue el estudio morfoestructural del margen insular de Tenerife (Islas Canarias). Para determinar la batimetría de este área, se usaron las ecosondas multihaz SIMRAD EM-12 y EM-1000.

Se cubrió al 100 % un área de 10.323 Km², en los márgenes norte y sur de Tenerife. Se realizaron perfiles geofísicos de sísmica de reflexión (air

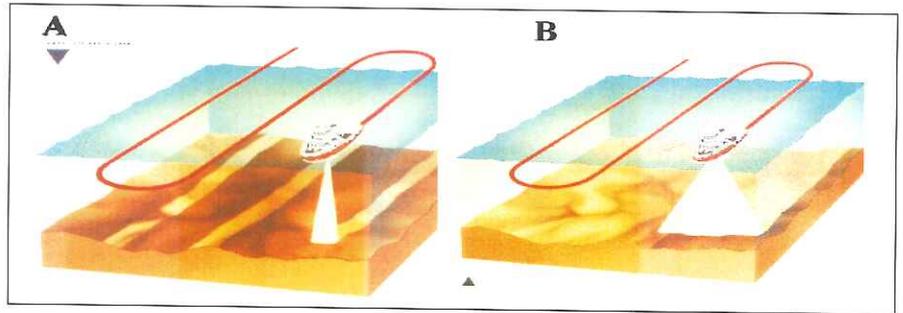


Figura 1. Esquema de funcionamiento y zona «insonificada» del fondo marino por una ecosonda monohaz (A) frente a una multihaz (B).

gun y sparker), gravimetría y magnetometría, realizando un total de 2.856 Km. La magnetometría fue registrada empleando un magnetómetro marino Geometrics G-876. La gravimetría fue adquirida con un gravímetro Bell Aerospace-Textron (BGM-3) y la posición del buque se realizó con dos GPS diferenciales (receptores Trimble con dos entradas de correcciones diferenciales, Skyfix-Inmarsat y estaciones en tierra), con precisión de ± 3 m.

Los objetivos concretos de los trabajos de las **Campañas ZEE** son el estudio y cartografía de la batimetría, geomorfología, gravimetría, magneto-

metría y calidades de sedimentos superficiales de las zonas investigadas. El realizar el tratamiento informático necesario para la integración de los resultados en bancos de datos interactivos y poner a disposición de la comunidad científica e industrial, dicha información, con la salvedad de aquella que pudiera ser clasificada por motivos de seguridad nacional.

La realización de aquellas propuestas de colaboración con la Comunidad Científica Nacional que sean compatibles en su ejecución con los objetivos anteriormente expuestos, son así mismo consideradas.

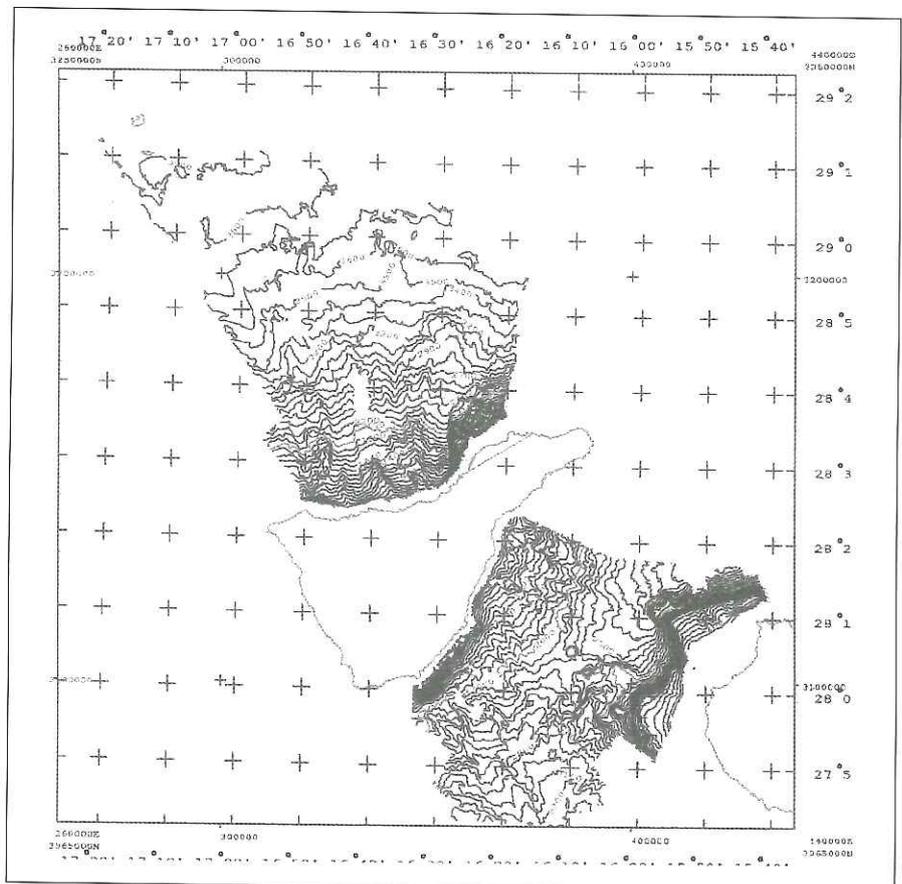


Figura 2. Mapa batimétrico simplificado del margen insular de Tenerife.

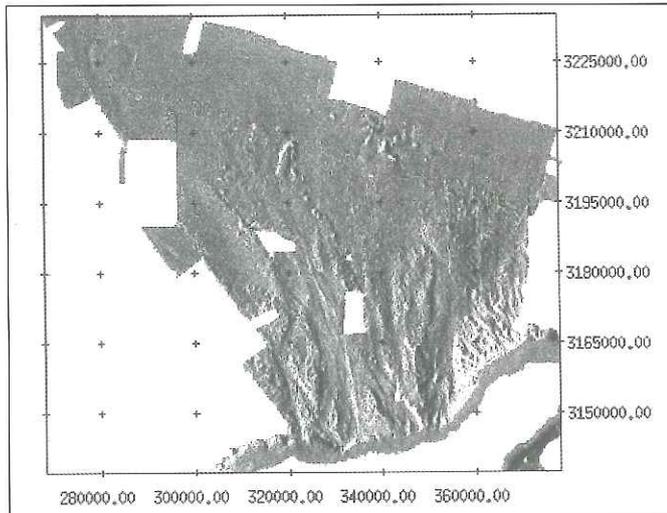


Figura 3. Modelo digital del terreno del área norte de Tenerife.

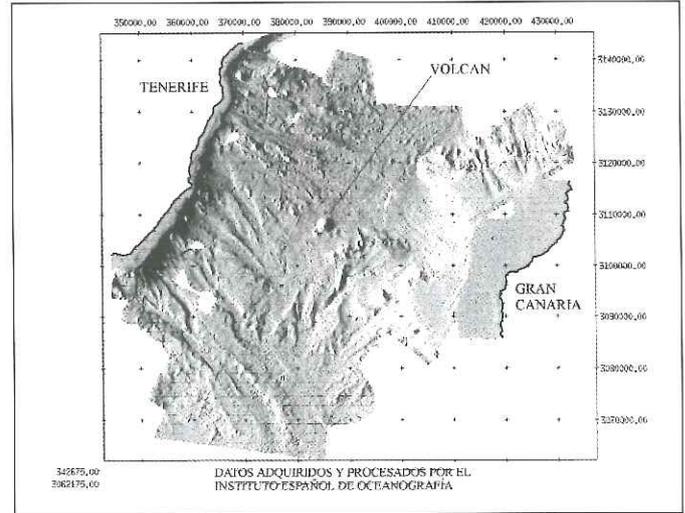


Figura 4. Modelo digital del terreno del Canal Tenerife-Gran Canaria.

Rasgos morfológicos y procesos de inestabilidad sedimentaria

Tenerife tiene su origen en sucesivos episodios volcánicos desde el Mioceno y como en otras islas volcánicas, la morfología de la isla y de sus partes sumergidas son el resultado del rápido crecimiento de los edificios volcánicos y el subsecuente desplome sedimentario de sus flancos por fracturación e inestabilidad. La actividad sísmica, normalmente asociada a estas zonas favorece y/o puede "disparar" estos derrumbes masivos de parte de los edificios, tal como se conoce en otros volcanes en tierra, Islas volcánicas o guyots. Las consecuencias que estos hechos catastróficos pueden tener sobre las zonas habitadas fue un objetivo prioritario en el proyecto de la UE sobre "Volcanes laboratorio Europeos" dentro del cual se desarrolló el proyecto Teide.

A partir de los datos obtenidos en la Campaña Teide, se han puesto de manifiesto rasgos morfológicos, tectónicos y sedimentarios no conocidos hasta ahora en los márgenes de la isla de Tenerife. Algunos de los resultados han sido ya publicados como mapas morfotectónicos (Palomo et al. 1998 a, b) o como artículos científicos (grupo Teide, 1997, Acosta et al, 1998).

La espectacularidad de los rasgos morfológicos que presentamos es evidente, siendo el deseo de todos los participantes en los proyectos de investigación citados, que contribuyan a un mejor conocimiento de la zona.

Zona Norte de Tenerife

La figura 2 representa un modelo digital del terreno de la zona investigada, este modelo se ha elaborado mediante el tratamiento de los datos multihaz, generando una malla regular de 100 x 100 metros con los valores X, Y, Z y representándolos con una iluminación artificial desde el NW.

La presencia de grandes valles submarinos enmarcados entre los dos macizos, de Teno y Anaga son el primer rasgo a resaltar. Pendiente abajo se aprecian dorsales divisorias entre los mismos, atribuidas a crestas de compresión longitudinales, al discurrir por estos valles las avalanchas y flujos de sedimentos que constituyen la parte distal de la figura. Los abanicos de derrubios, que presentan en su superficie bloques transportados desde zonas más elevadas estos bloques, cuyo representante más singular es el denominado Bloque de San Borondón de varios kilómetros de largo y 200 metros de elevación sobre el fondo marino.

La presencia de estos abanicos lobulados, con restos de megabloques en su superficie cubre un área de 4.100 km² y se ha estimado un volumen de materiales desplazados de 1.177 Km³ dentro de la plataforma insular norte.

Margen sur de Tenerife: El canal Tenerife - Gran Canaria

La Zona Norte del área estudiada, presenta un margen con una morfología

de avalancha de rocas, constituido por derrubios en abanico lobulado, donde aparecen bloques con dimensiones decamétricas de altura y cientos de metros de largo, que llegan a chocar con el talud escarpado del O de Gran Canaria, a más de 40 km de distancia de la costa tinerfeña.

La Zona Sur del área estudiada presenta un margen insular con morfología de deslizamiento tipo *slump*, constituido por materiales finos similares a los de las bandas del Sur y de origen aparentemente posterior a las avalanchas de la zona Norte, con ausencia de construcciones volcánicas y en el cual se observa la red de canales de drenaje que han servido para conducir los materiales hasta las zonas profundas, los cuales han sido posteriormente dispersados hacia el Sur por las corrientes de fondo. Los perfiles sísmicos realizados en este área sugieren estimar el espesor medio de sedimentos en 450 metros, lo que proporciona un volumen aproximado de 550 Km³.

Toda esta zona, desde aguas someras a profundas, está salpicada de montículos significativos que por su forma redondeada interpretamos como construcciones volcánicas, siendo el denominado "VOLCÁN DEL MEDIO" el más espectacular por su magnitud y formas, como un cono perfecto de 500 metros de altura en una profundidad de 2.250 metros, (figuras 4 y 5). En la campaña ZEE 98, primera de las que se van a realizar en Canarias, se obtuvieron muestras de rocas y fotografías submarinas del Volcán del Medio, que



Figura 5. Modelo digital del terreno del Volcán del Medio, situado en el canal entre las islas de Tenerife y Gran Canaria.

están siendo estudiadas por miembros del equipo participante.

Conclusión

La morfología puesta de manifiesto en los mapas y modelos digitales presentados, muestran un origen relacionado con procesos masivos de deslizamientos y avalanchas sedimentarias canalizadas en la parte superior por los valles submarinos, y dando en su parte más lejana la morfología de abanicos lobulados, tapizados de numerosos bloques exóticos de dimensiones decamétricas a kilométricas. Esta morfología sugiere un origen de tipo avalancha, que por el análisis de los datos de sísmica por reflexión, con la identificación de al menos seis secuencias sedimentarias con claros elementos de "cut and fill", creemos fueron debidos a varios episodios que han variado en localización y magnitud.

En cuanto a la detección de formas volcánicas singulares, como la del volcán del Medio, y otras recientemente cartografiadas en las cercanías de las islas de Gomera y la Palma servirán para clarificar el complejo y aún no definitivamente aceptado escenario tectónico, estructural y de génesis y evolución volcánica de las islas canarias.

Agradecimientos

El proyecto fue financiado por la Unión Europea, dentro del programa "European Laboratory Volcanoes", contrato EV5V-CT93-0283. Deseamos expresar nuestro agradecimiento:

- a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología por la asignación del BIO Hespérides al proyecto,
- al Instituto Hidrográfico de la Marina por haber proporcionado la información hidrográfica de las plataformas insulares,
- al Servicio Geográfico del Ejército, del cual se han tomado los datos de la topografía de tierra,
- a los oficiales y a la dotación del BIO Hespérides por su cooperación durante la campaña.

Referencias bibliográficas

Acosta, J.; Palomo, C.; Uchupi, E.; Muñoz, A.; Escartín, J.; Herranz, P. y Sanz, J. (1998) Morphology and seismic Character of North Slope of Tenerife, Canary Islands. Evidence for episodic Massive landslides. European Laboratory Volcanoes. Volcanic Risk Edit: Casale, R., Fytkas, M., Sigvaldasson, G. & ougioukalakis, G. pp: 579-588.

Acosta, J.; Herranz, P.; Muñoz, A.; Palomo, P.; Sanz, L. y Uchupi, E. (1996). *Perfiles sísmicos en el margen insular de Tenerife: Proyecto Teide. Resultados preliminares*. Geogaceta, 20, 335-338.

Herranz, P.; Acosta, J.; Muñoz, A.; Palomo, C.; Carbó, A.; Pardo de Domlebun, M.; Sanz, J. L. y Uchupi, E. (1996). *Resultados preliminares de la primera campaña en la zona económica exclusiva española en el golfo de Valencia y mar Balear*. ZEE-95. Geogaceta, 20, 347-350.

Muñoz, A.; Pardo de Domlebun, M.; Palomo, P. and Acosta, J. (1998). *Hydrographic and Oceanographic Programme for the Spanish EEZ*. EEZ Technology, Vol.2. pp: 71-75 IGC Publishing. London.

Muñoz, A.; Acosta, J.; Herranz, P.; Palomo, C.; Sanz, J. L. y Uchupi, E. (1996). *Batimetría multihaz del margen insular de Tenerife (Islas Canarias): Proyecto Teide-95*. Geogaceta, 20, 339-342.

Muñoz, A.; Acosta, J.; Palomo, C.; Herranz, P.; Sanz, J.; Molinero, J.; Gómez, R.; Bécares, M. y Uchupi, E. (1998). Datos Batimétricos y Sísmicos en el ámbito de la investigación de la Zona Económica Exclusiva Española. Iª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica y IX Asamblea Nacional Aguadulce. Almería P.252.

Palomo, C.; Acosta, J.; Muñoz, A.; Herranz, P.; Sanz, J. L. y Uchupi, E. (1998a). Mapa batimorfológico del área Norte de la Isla de Tenerife. Ed. Instituto Español de Oceanografía. Depto. De Geología y Geofísica Marina. Madrid.

Palomo, C.; Acosta, J.; Muñoz, A.; Herranz, P.; Sanz, J. L. y Uchupi, E. (1998b). *Mapa batimorfológico del canal entre las islas de Tenerife y Gran Canaria*. Ed. Instituto Español de Oceanografía. Depto. de Geología y Geofísica Marina. Madrid.

Pardo de Donlebun, M.; Rico, J.; Acosta, J., y Herranz, P. *El plan de Investigación Hidrográfica - Oceanográfica de la Zona Económica Exclusiva Española: Presentación Preliminar*. Iª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica y IX Asamblea Nacional Aguadulce. Almería P.253.

Sanz, J. L., Lobato, A., Acosta, J., y Herranz, P. (1997). The S.I.G.M.A.Z.A.L. project. A Marine Geographical Information System. *18th ICA/ACI International Cartographic Conference ICC-97*. Stockholm (Sweden). Proceedings, V-4: 2671-2275.

TeideGroup: Palomo, C.; Acosta, J.; Sanz, J. L.; Herranz, P.; Muñoz, A.; Uchupi, E. y Escartín, J. (1997). *Morphometric interpretation of the northwest and southeast slopes of Tenerife, Canary islands*. Journal of Geophysical Research, Vol 102, nº B9, pp: 20325-20342.

* **GrupoTeide: Instituto Español de Oceanografía:** C. Palomo, J. Acosta, J. L.Sanz, P. Herranz, A. Muñoz, J. Molinero, F. González, R. Gómez, M. A. Bécares; **Museo Nacional de Ciencias Naturales:** V. Araña, R. Ortiz, A. García, L. García; **Universidad de Barcelona:** M. Canals, J. Serra, B. Alibes, M. J. Prieto; **Universidad de la Laguna:** C. Criado, V. Armas; **Universidad Complutense:** J. F. Bergamin. **Instituto Geográfico Nacional:** M. J. Blanco; **Servicio Geológico de Cataluña:** T. Teixidó; **Woods Hole Oceanographic Institution:** E. Uchupi; **Woods Hole Oceanog. Inst.-Mass Inst. Tech/**Joint Program: J. Escartín; **Intemational Geophysical Technology:** A. Granda, J. C. Cembero.

** **ZEE: Instituto Español de Oceanografía Instituto Hidrográfico de la Marina**

INSTITUCIONES COLABORADORAS EN EL PLAN ZEE

- Universidad de la Laguna
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- Universidad Complutense de Madrid
- Universidad de Cádiz
- Universidad de Barcelona
- Real Observatorio de la Armada
- Museo Nacional de Ciencias Naturales (C.S.I.C.)
- Instituto Tecnológico y Geominero de España
- Instituto de Ciencias del Mar (C.S.I.C.)
- TRAGSATEC (M.A.P.A)

1) Metodologías utilizadas

- Navegación GPS Diferencial
- Ecosondas multihaz SIMRAD EM-12S y EM-1000
- Ecosonda hidrográfica SIMRAD EA-500
- Sonda Paramétrica BPS. TOPAS PS18
- Gravímetro marino Bell Aerospace
- Magnetómetro marino GEOMETRICS G-801
- Perfilador de corrientes DOPPLER
- Sensores superficiales continuos de salinidad y temperatura
- Fotografía de gran profundidad Dragas de rocas

Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha: una puerta en el tiempo

Jesús Madero Jarabo

Geólogo. Gerente del Museo de Ciencias de Castilla-La Mancha (Cuenca).

Un nuevo y espectacular Museo de Ciencias abre sus puertas. Varios aspectos científicos incluida la Geología, se encuentran representados en un edificio singular de Cuenca.

El proyecto de creación de un museo interactivo o, como ahora se ha dado en llamar, centro de divulgación científica, en la ciudad de Cuenca ha llegado a puerto con la inauguración del Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha, el pasado día 15 de enero. Es, pues, esta una breve historia de un trabajo desarrollado a lo largo de cuatro años y una declaración de buenas intenciones no se sabe para cuántos años más.

¿Por qué un Museo como éste en Cuenca? Sería muy fácil contestar: ¿Y por qué no? Una ciudad como Cuenca es capaz de asumir grandes compromisos en el ámbito de la vida cultural al más alto nivel, pudiendo servir como ejemplo las Semanas de Música Religiosa, los museos existentes en la ciudad (Arte Abstracto Español, Museo de Cuenca, Diocesano, etc.) y el ambiente artístico y cultural que se palpa en el día a día.

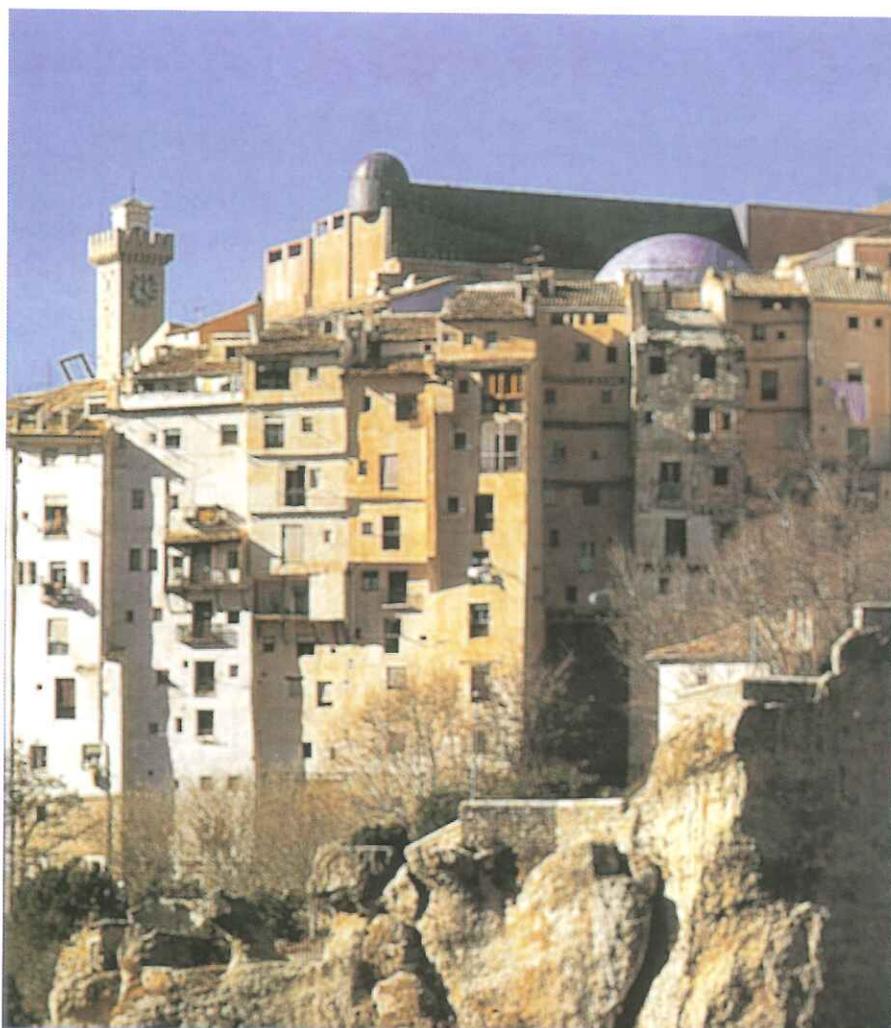
Varios eran los retos que se planteaban para el desarrollo de un proyecto, en sí ya muy complejo: la ubicación de un edificio de nueva construcción en el corazón de un casco histórico declarado Patrimonio de la Humanidad, la necesidad de dotarlo de identidad propia huyendo de la solución fácil de copiar lo más atractivo de algún Museo ya existente y, aunque con ambición de universalidad, conseguir que los castellano-manchegos encontrarán referencias muy cercanas que identificarán con su entorno más inmediato. Una vez hechos los planteamientos... ¡manos a la obra!

Salvador Pérez Arroyo y los colaboradores de su estudio de arquitectura lograron la definición de un proyecto para la construcción del edificio, en el que se respetaba escrupulosamente

lo respetable y se realizaban propuestas de nueva arquitectura para las áreas de nueva planta, consiguiendo un tono armónico con el entorno. Para ello fue necesario un estudio previo de la arquitectura y urbanismo de Cuenca, la integración del edificio en el Plan Especial del Casco Histórico, lograr la convivencia de los restos arqueológicos existentes desde el siglo XII con la arquitectura de hormigón visto, calcular el volumen del nuevo edificio para que, siendo capaz de cumplir el fin previsto, fuese acorde con el resto de las edificaciones cercanas. Fruto de estos estudios surge un soporte para el Museo de las Ciencias con casi 6.000 m², de los que 2.800 corresponden a áreas de exposición permanente y el resto a exposiciones temporales, patios, administración y otros servicios.

Para el desarrollo del proyecto museológico había que definir un hilo conductor que sirviese de guión en el que insertar los mensajes que se pretendía transmitir, ya que desde el principio estaba claro que nuestra idea debía diferir del planteamiento más clásico de centro de divulgación científica o museo interactivo, consistente en la fragmentación del Museo en salas temáticas de contenido científico muy concreto y, en muchos casos, inconexo con el resto. La idea de EL TIEMPO nos sirvió para ello; nos ha permitido desarrollar los conceptos científicos previstos de una forma armónica y ordenada, habiendo hecho posible, igualmente, la definición de diversos recorridos temáticos, además del cronológico.

Empieza nuestra historia con una gran *máquina del tiempo*, que nos sitúa en escena. Sus grandes dimensiones y su espectacularidad pone de manifies-



M^{Ca} = C^{Ca}

Museo de las Ciencias de Castilla - La Mancha

C U E N C A

to quién va a ser el protagonista de la visita. Desde ella empezamos a dominar el tiempo a nuestro antojo y prueba de ello es que por medio de un viaje en la *cronolanzadera* conseguimos situarnos en el Big-Bang, tras realizar diversas paradas en épocas pretéritas, para desde allí regresar más pausadamente a través de los espacios expositivos denominados *Los Tesoros de la Tierra*, otra vez hasta nuestros días. La formación del sistema planetario, la tierra y los fenómenos que en ella tie-

nen lugar nos hacen comprender de forma muy plástica el origen y devenir del escenario en que se desarrolla la vida; tectónica, vulcanismo, estudio de cuenca, etc.

Nuestro viaje de regreso pasa por el estudio de la columna estratigráfica de Castilla-La Mancha, haciendo una parada a 120 millones de años de nuestra época que aprovechamos para dar un paseo por el lago de Las Hoyas, conocer su fauna y flora y las condiciones de vida que entonces reinaban a

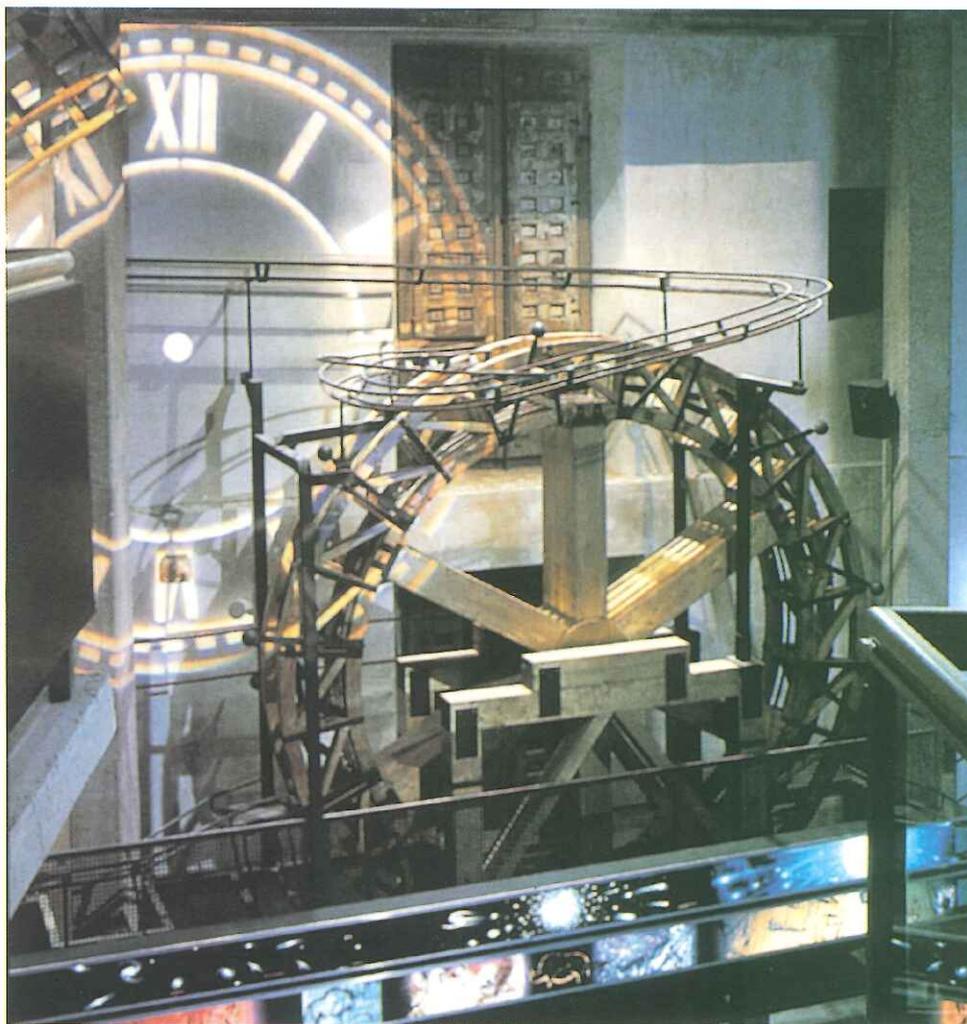
través de la observación de una gran colección paleontológica allí expuesta. El estudio del ave primitiva *Iberomesornis romerali* nos ha permitido presentar la secuencia de trabajo a desarrollar con un fósil desde su localización en el campo hasta la obtención de conclusiones lógicas sobre su forma de vida y su entorno.

Cuatro audiovisuales con animación en tres dimensiones ponen nuevamente en vida elementos fósiles de diversos ecosistemas de la Región, llegando nuevamente a la aparición de los Homínidos: hemos regresado a nuestro tiempo.

El *Laboratorio de la Vida* nos permite mostrar al visitante la Ciencia aplicada a la vida cotidiana en nuestra Región. Un gran video-wall hace posible sobrevolar diez puntos de Castilla-La Mancha, que es el escenario en que se desarrolla *el tiempo presente* de nuestro proyecto. Un estudio sobre la evolución del paisaje en las Lagunas de Ruidera, la posibilidad de intervenir en la gestión del acuífero 23, ser parte activa en el funcionamiento de la cadena trófica de Cabañeros o poder "bajar a una mina" son algunas de las sorpresas que podemos encontrar. La industria de la Región, información sobre la caza, un módulo explicativo de las estaciones del año... conforman la información que completa este espacio.

En la *Historia del Futuro* el Museo nos invita a realizar un recorrido a lo largo de la vida humana, proponiendo diferentes escalas para estudiar temas tan importantes como la genética, la alimentación, el aprendizaje, la comunicación, la salud o el sueño, utilizando para ello diversos soportes y sistemas de transmisión de información que hacen más fácil y atractiva la visita. Un módulo central nos presenta propuestas sobre los temas antes citados, proyectados al año 2020, fecha máxima que es capaz de soportar unos niveles aceptables de rigor científico.

¿Qué puede tener de original este Museo? Se ha intentado aportar al conjunto de los museos interactivos de España una nueva idea de organización museística, en la que se ha tenido en cuenta el desarrollo de un guión prefijado que relaciona entre sí todo el espacio dedicado a la exposición permanente, desechándose la compartimentación por temas específicos concretos. También nos ha parecido más interesante la idea de "desdramatizar" la



Ciencia, presentándola como una herramienta que convive cotidianamente con el Hombre, en perfecta armonía, y cuyo conocimiento básico no pasa imprescindiblemente por el dominio de su definición y formulación, sino en la identificación de aquella en la actividad diaria. Hemos intentado, pues, definir un Museo con personalidad propia y dar un paso más en la investigación sobre otros soportes para la comunicación científica.

Como complemento a la exposición permanente se ha dotado al Museo de *Observatorio Astronómico, Planetario* y una sala anexa en donde de una manera muy espectacular se explica la historia de la *Astronomía*, haciendo un recorrido desde Tolomeo a Hubble. Servicios administrativos, sala de exposiciones temporales, salón de reuniones, tienda y cafetería complementan la oferta actual del proyecto.

Dentro del colectivo de científicos y gestores que han hecho posible que

este gran proyecto museístico llegara a buen término se encuentra un grupo de compañeros geólogos y paleontólogos, que con su dedicación y profesionalidad han conseguido dotar al Museo de personalidad propia y de una cierta peculiaridad, siendo la geología, paleontología y medio ambiente la base de la información que se ofrece a los visitantes. A los esfuerzos de Santiago Castaño, José Luis Sanz y su equipo y del querido y recordado amigo Manolo Hoyos (con el que nos quedó algún trabajo por acabar sobre la mesa) se debe una parte sustancial de los buenos resultados del producto final.

De nada serviría el trabajo realizado y la gran apuesta del Gobierno Regional si pensásemos que ya está terminado el Museo, pues tan importante como la inversión y proyecto inicial es la puesta al día del mismo y la programación de actividades de carácter científico, educativo y cultural que den soporte al resto del proyecto. La

optimización del trabajo hasta ahora realizado pasa por poner a disposición de los visitantes, especialmente del sistema educativo, material con el que poder trabajar antes y después de la visita, así como la creación de talleres experimentales que completen el proceso de transmisión de conocimientos, diseñados con la suficiente imaginación como para que no sean identificados como laboratorios convencionales. En ello estamos, una vez superada la prueba inicial de funcionamiento.

El tiempo nos dirá si hemos acertado en el diseño del Museo y si hemos sido capaces de poner a disposición de la comunidad educativa y científica una herramienta que haya merecido la pena. Para comprobarlo nada mejor que realizar una visita a Cuenca, al Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha, en donde el recibimiento contará por nuestra parte con el mismo entusiasmo que el dispensado a los 100.000 visitantes que ya nos conocen.

Caracterización de los abastecimientos urbanos en la provincia de Burgos

José M^a Ruiz Hernández

Geólogo. Técnico de la Dirección de Aguas Subterráneas del Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE).

Víctor de Barrio Beato

Licenciado en C.C. Geológicas, Técnico de la Dirección de Aguas Subterráneas del Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE).

Eduardo Garrido Schneider

Licenciado en C.C. Geológicas, Técnico de la Dirección de Aguas Subterráneas del Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE).

La provincia de Burgos presenta una distribución de la población en núcleos urbanos singular, debido a su dispersión sobre el territorio. Los abastecimientos urbanos se caracterizan: según el sistema de captación (los de manantial representan casi el 80%), la procedencia del agua (casi un 90% de los núcleos se abastece de aguas subterráneas) y el tamaño de los núcleos (los menores de 100 habitantes son los más afectados por problemas de agua, generalmente en verano). Por último, se comentan las características hidrogeológicas y las posibilidades de captación de aguas subterráneas en la provincia de Burgos.

Introducción

Varios son los aspectos que afectan a la organización y eficacia de los sistemas de abastecimiento en la provincia: por un lado, la complejidad orográfica, unida a la naturaleza de los materiales geológicos, conlleva una articulación del territorio en unidades morfoestructurales y fisiográficas bien diferenciadas afectando a los tipos de captaciones para abastecimiento urbano y su problemática; por otro lado, el despoblamiento, la dispersión y la baja densidad de población (la media provincial es de 25 hab/km²) son también aspectos fundamentales para la organización de un territorio e influyen de manera importante en las características de los sistemas de abastecimiento.

El primer paso para realizar una caracterización de la situación actual de los abastecimientos urbanos en la provincia fue la utilización de distintas encuestas e inventarios de las distintas administraciones (provincial, autonómica y central) y la elaboración de una encuesta sencilla remitida a la totalidad de los núcleos urbanos que tenía como objetivo principal conocer los posibles problemas de escasez de agua, infraes-

tructura o calidad del agua presentes en la actualidad.

Debido al tamaño de la mayoría de los núcleos urbanos en el ámbito rural, los problemas de suministro de agua requieren una solución local que puede realizarse mediante aguas subterráneas. El conocimiento de los recursos hídricos subterráneos y la caracterización de la potencialidad acuífera de la provincia son los factores a tener en cuenta ante la posibilidad de la captación de aguas subterráneas para abastecimiento.

La metodología definida contemplaba tanto la ampliación en el conocimiento de las formaciones acuíferas de la provincia, por un lado, y por otro el establecimiento de zonas con problemas de escasez, de infraestructura y de calidad del agua, proponiéndose por último, un plan de actuación.

Estos estudios son parte de los trabajos realizados por el ITGE para la elaboración del "Atlas del medio hídrico de la provincia de Burgos" y del documento complementario "Aprovechamiento de los recursos hídricos de la provincia de Burgos". Ambos se encuadraban dentro de los acuerdos de cooperación con la Excelentísima Diputación Provincial de Burgos, formalizados mediante un Convenio Específico.

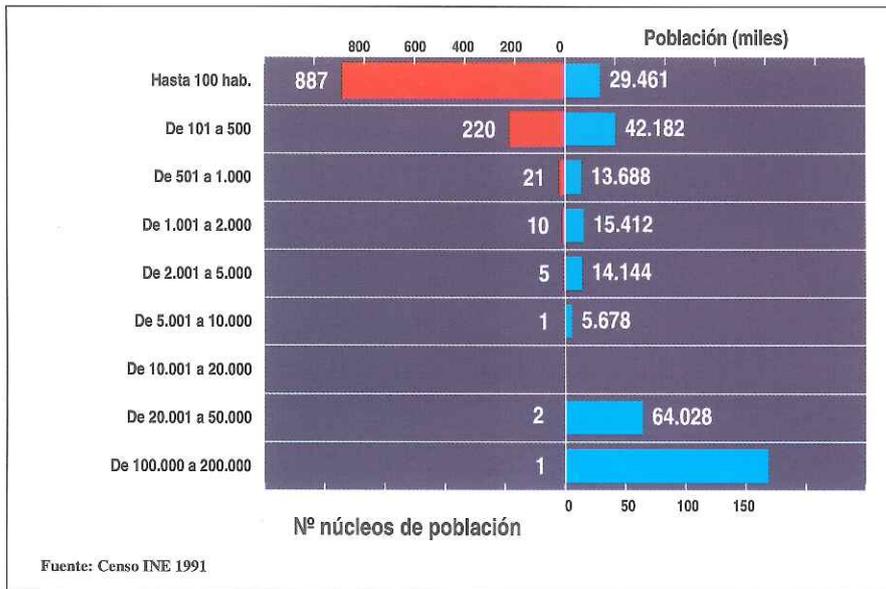


Gráfico nº 1. Núcleos urbanos y población de hecho. Provincia de Burgos.

Distribución de la población

La provincia de Burgos presenta una distribución de la población en núcleos urbanos compleja debido a la dispersión o diseminación sobre el territorio. Burgos es la provincia con mayor número de términos municipales en España y cuenta con más de 1.100 núcleos de población. Según datos del último censo (INE 1991), alrededor de la mitad de los burgaleses viven en la capital (unos 165.000 habitantes). Casi el 70% de la población total vive en 4 núcleos de más de 5.000 habitantes (Burgos capital, Miranda de Ebro, Aranda de Duero y Briviesca). Como se aprecia en el gráfico nº 1, el contrapunto lo pone el 8% de la población (unas 30.000 personas) que reside en 887 núcleos de población con menos de 100 habitantes y una media de 30. Asimismo, el segundo grupo de núcleos de población en importancia son los que poseen de 100 a 500 habitantes representando un 20% de la población provincial, unas 42.000 personas. Finalmente, para poner más de manifiesto la dispersión de la población dentro de la provincia, hacer notar que en 15 núcleos urbanos con una población entre 1.000 y 5.000 habitantes vive la misma cantidad de personas que en aproximadamente 900 núcleos de menos de 100 habitantes, es decir, unas 30.000.

Por tanto, y a la vista de esta peculiar distribución de la población, más

acusada en el medio rural, se puede determinar que hay tantos sistemas de abastecimiento como núcleos de población, con todos los problemas que esto conlleva de tipo infraestructural, de organización y de administración territorial.

Situación actual de los abastecimientos urbanos

Introducción

Con el fin de proceder a la evaluación y caracterización de los abastecimientos urbanos, tanto mediante aguas

subterráneas como superficiales, se recogió toda la documentación disponible de las distintas Administraciones (Ministerio para las Administraciones Públicas, Confederación Hidrográfica del Duero (Ministerio de Medio Ambiente), Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Castilla y León, Instituto Tecnológico Geominero de España y Diputación Provincial de Burgos). Además se envió una encuesta en febrero de 1997 realizada por el ITGE a los 1.147 núcleos de población, que fue contestada por el 47% de los núcleos, lo que corresponde al 88% de la población provincial, incluida la de la capital. Se elaboró toda la información existente por zonas, especificando, para cada núcleo urbano: su población, el origen de la información, los tipos de captaciones utilizadas para el abastecimiento, la procedencia del agua y, también, una vez examinadas las encuestas y la posterior visita de campo a numerosos núcleos de población, la existencia de problemas de escasez, infraestructura o de calidad existentes.

En los planos provincial y comarcal (a modo de ejemplo) adjuntos se presentan los datos de la población estable y estacional, los tipos de captaciones utilizados para abastecimiento urbano, el número de núcleos abastecidos mediante aguas subterráneas, superficiales y de forma conjunta, y los problemas de escasez o de infraestructura o ambas extraídos de la citada encuesta y visita de campo.

El grado de cumplimentación de la



Perforación de un sondeo de abastecimiento.

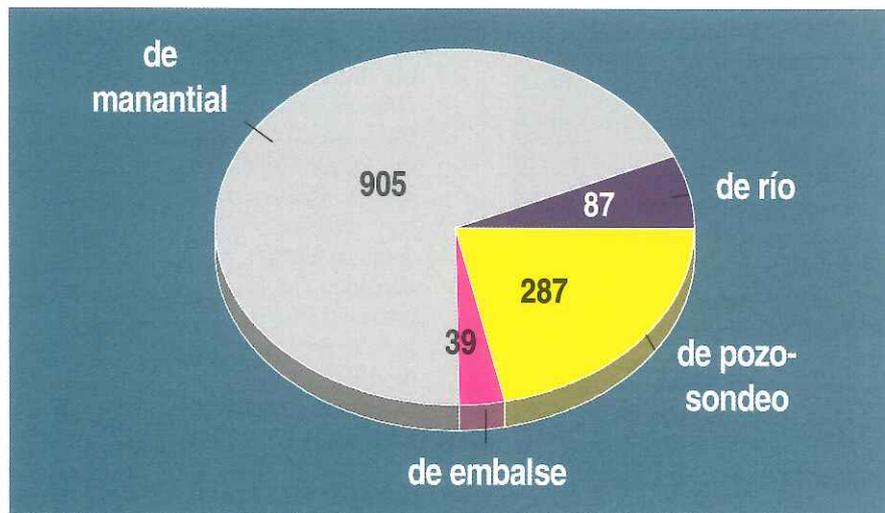


Gráfico n° 2. Número y tipos de captaciones para abastecimiento a núcleos urbanos.

encuesta no fue el esperado, ya que parte de los apartados no fueron contestados, o se hizo erróneamente. Esto ocurrió con la información sobre los usos y consumos de agua en la casi totalidad de las encuestas recibidas y con los apartados sobre calidad del agua y características de la captación. En todo caso, puede interpretarse que los núcleos urbanos que presentaran algún tipo de problema, como escasez de agua, infraestructural o de calidad, fueron los más interesados en contestar la encuesta.

El trabajo en campo consistió en la visita a la mayoría de estos núcleos, aunque hay que resaltar que la situación de escasez o falta de agua no era tan relevante, como en un principio cabía esperar. Gran parte de los problemas no se debían a falta de agua sino a una deficiente infraestructura para ofrecer un abastecimiento eficaz (obras de captaciones en mal estado, depósitos reguladores pequeños o con fugas, redes de distribución incompletas o deterioradas, falta de red de distribución, entre otras). El aumento de población en verano es el problema fundamental al cual deben de enfrentarse estos núcleos todos los años, lo que indudablemente provoca situaciones de desabastecimiento en años secos, que se ve agravado por la inexistencia de contadores (favoreciendo el gasto innecesario y abusivo de agua), riego de huertos, entre otras posibles, en detrimento del abastecimiento propiamente dicho. Otras veces se tiene el deseo, muy extendido, de que el agua "llegue por su pie" (por gravedad) al depósito, cuando se puede utilizar

otras captaciones para completar el abastecimiento mediante bombeos. A veces se trata también de un problema económico o de falta de recursos. También se da el caso de la existencia de fuentes públicas que, según los habitantes, no se han secado, y pozos o sondeos para riego en las cercanías del núcleo, que no se incorporan al sistema de abastecimiento urbano por desconocimiento de su aptitud para uso doméstico.

Tipología de los abastecimientos urbanos

El número de captaciones de agua procedente de manantiales utilizadas para el abastecimiento de los núcleos



Fuente de Gallejones.

urbanos es claramente superior a los demás sistemas y representa casi el 70% de todas las captaciones para abastecimiento público, situándose en segundo lugar los pozos y sondeos (18%) como queda reflejado en gráfico n° 2. Otro aspecto a tener en cuenta es que casi el 95% de las captaciones se dedica al abastecimiento de un único núcleo de población. Se trata en este caso de pequeñas captaciones situadas cerca del núcleo y, generalmente, de manantiales locales lo que pone de manifiesto el carácter marcadamente "local" y "único" de la mayoría de las captaciones para abastecimiento. El



Fuente de Hambre (Adrada de Haza).

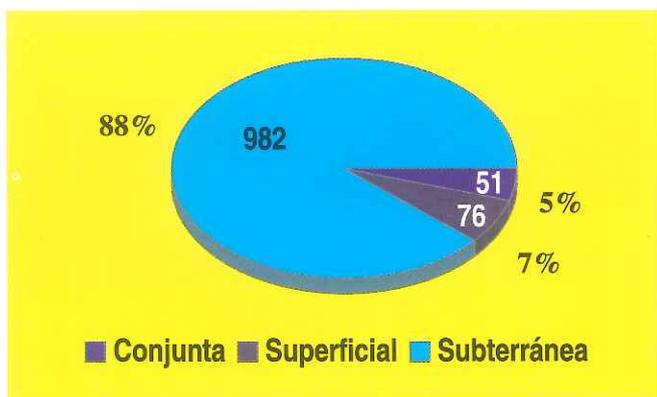


Gráfico nº 3. Procedencia del agua para abastecimiento a los núcleos urbanos.

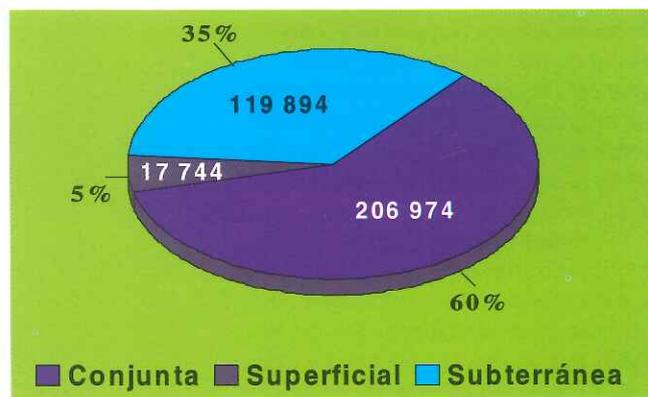


Gráfico nº 4. Población abastecida según la procedencia del agua.

hecho de que las captaciones de manantial sean las más abundantes se debe tanto a factores relacionados con el relieve y la naturaleza de los materiales geológicos, como a factores relacionados con la gran dispersión de la población, que inducen a soluciones del abastecimiento de carácter local mediante pequeñas captaciones autónomas, sin olvidar que el origen de los antiguos asentamientos estaba totalmente relacionado con la existencia de agua proporcionada por surgencias de manantiales o por cursos de aguas estables de arroyos y ríos cercanos.

En el gráfico nº 3, se observa que la mayoría de los núcleos de población se abastece con aguas subterráneas (captaciones de manantiales, pozos y sondeos), casi un 90%, que representa un 34% de la población provincial y, en el caso de los núcleos menores de 100 habitantes, el 90% de la población. Otro 6% de los núcleos urbanos lo hace con aguas superficiales (embalses y tomas de río) y el 4% restante de aguas superficiales y subterráneas conjuntamente.

La constante dualidad entre núcleos de población y habitantes se hace de nuevo patente al separar la población según la procedencia del agua para su abastecimiento; el 61% se abastece de aguas de origen conjunto (Burgos capital se ha considerado como abastecimiento conjunto de aguas superficiales: embalse y, aguas subterráneas: sondeos, aunque realmente se puede considerar como un abastecimiento de agua superficial exclusivamente, debido a las cantidades aportadas por uno y otro tipo de captación. Los sondeos existentes se utilizan de forma esporádica, sólo cuando falta agua en los embalses o en el caso de averías prolongadas en

las conducciones de gravedad, lo que proporciona un importante complemento para satisfacer la demanda de agua en estas situaciones). Por otro lado, como refleja el gráfico nº 4, el 34% de la población lo hace mediante aguas subterráneas. Este porcentaje se eleva hasta el 70 %, si no se tiene en cuenta la población de la capital.

Abastecimiento urbano en núcleos menores de 100 habitantes

Las principales dificultades, en cuanto al suministro de agua en cantidad y calidad apropiadas, aparecen en los pequeños núcleos de población asociados a una problemática común, compleja y difícilmente solucionable a escala global, en todo el ámbito rural. En el gráfico nº 5 se resumen las características de los abastecimientos ur-

banos en estos núcleos. Éstos problemas generalmente son:

- El tipo de captación suele ser de manantial. Los caudales aportados por los manantiales están estrechamente ligados a las condiciones meteorológicas y se trata de sistemas muy sensibles y frágiles en épocas de estío. Presentan una *regularidad* escasa: los caudales máximos en época de invierno son muy superiores a los aportados en época estival, lo que suele provocar situaciones de falta de agua en esta época. En muchos casos se puede llevar a cabo una *regulación*, para adaptar los caudales a la estructura de las necesidades, mediante la realización de un sondeo de captación cercano si la estructura geológica es favorable, para extraer agua a nivel inferior al de la cota de surgencia.

- La población llega a cuadruplicarse en época estival a la vez que las

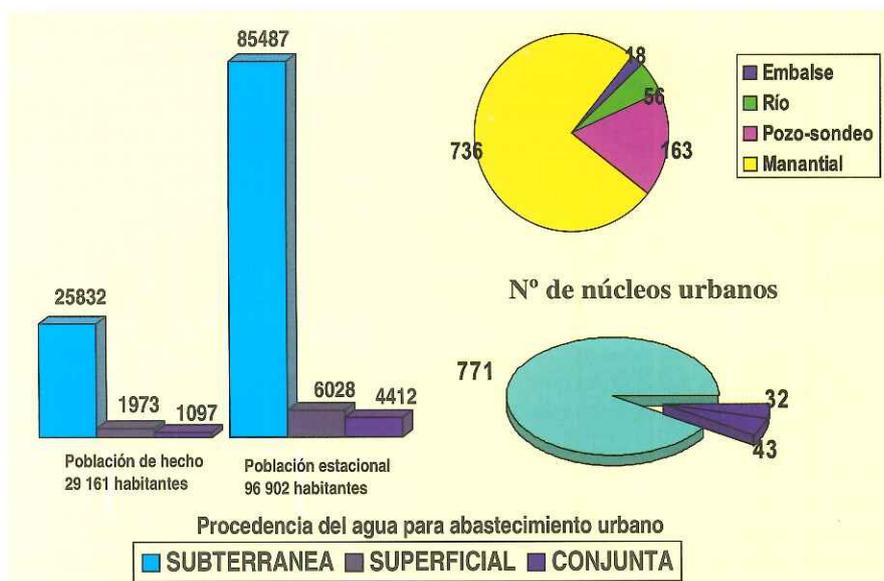


Gráfico nº 2. Número y tipos de captaciones para abastecimiento a núcleos urbanos.

disponibilidades de agua disminuyen. Mientras que en invierno “sobra” el agua para la, a veces, exigua población, en verano la escasez es una situación constante en muchos de ellos, sobre todo en el mes de agosto cuando se presenta la mayor afluencia poblacional.

– Fragilidad frente a la posible contaminación de origen urbana y agraria que pudiera producirse en las inmediaciones del manantial, provocando muchas veces su inutilización.

– Carencias de gestión: se desconoce generalmente el caudal suministrado a la red, el volumen de agua consumida por habitante y, en bastantes ocasiones, no existen contadores en las acometidas a las viviendas. Hay que destacar que es en los núcleos pequeños donde las dotaciones de agua por habitante y día son mayores, incluso superiores a los grandes núcleos, debido a la falta de gestión del recurso y también al uso inapropiado, como por ejemplo el riego de huertos.

– Carencias infraestructurales ligadas a la escasez de medios económicos para subsanarlos: redes de distribución antiguas y en mal estado, en las cuales se desconocen las pérdidas; fugas en depósitos y deficiente construcción de las captaciones, lo que provoca su continuo deterioro con una merma de la cantidad y calidad del agua para abastecimiento.

Abastecimiento urbano en núcleos de 100 a 1.000 habitantes

Como se aprecia en el gráfico nº 6, la procedencia de agua para este fin sigue siendo subterránea. El número de habitantes abastecidos exclusivamente con aguas superficiales y subterránea-superficial conjuntamente, aumenta con respecto a los de menos de 100 habitantes, aunque no en gran medida. Esto se debe nuevamente al tamaño de los núcleos de población, que en este rango (de 100-1.000 habitantes) continúa habiendo más localidades “pequeñas” que las de población cercana al millar de habitantes. En cuanto al tipo y número de captaciones, en muchos casos se utilizan más de una captación para cubrir la demanda y aunque el porcentaje de manantiales sigue siendo mayor, el de pozos y sondeos aumenta considerablemente.

Generalmente la población se abastece mediante captaciones de



Embalse de Aruazón.

manantial en la época de invierno, que en muchas ocasiones no hace falta bombear llegando a los depósitos por gravedad y, en verano, se recurre a los pozos o sondeos, o ambos, que completan el suministro. En cuanto a las captaciones con pozos o sondeos, éstas se caracterizan por la pequeña variabilidad del caudal durante el año y por ello se amolda mejor a las demandas. Los pozos someros son, como en el caso de los manantiales, más sensibles a la contaminación, al estar el agua más cerca de la superficie donde se desarrollan las actividades agrícolas y de vertidos de aguas residuales, entre otros posibles. No obstante, aunque los manantiales, pozos y sondeos proporcionan generalmente menor caudal, su calidad para abaste-

cimiento es generalmente mejor que la de ríos y arroyos.

Los recursos hídricos subterráneos. Potencialidad acuífera de la provincia de Burgos

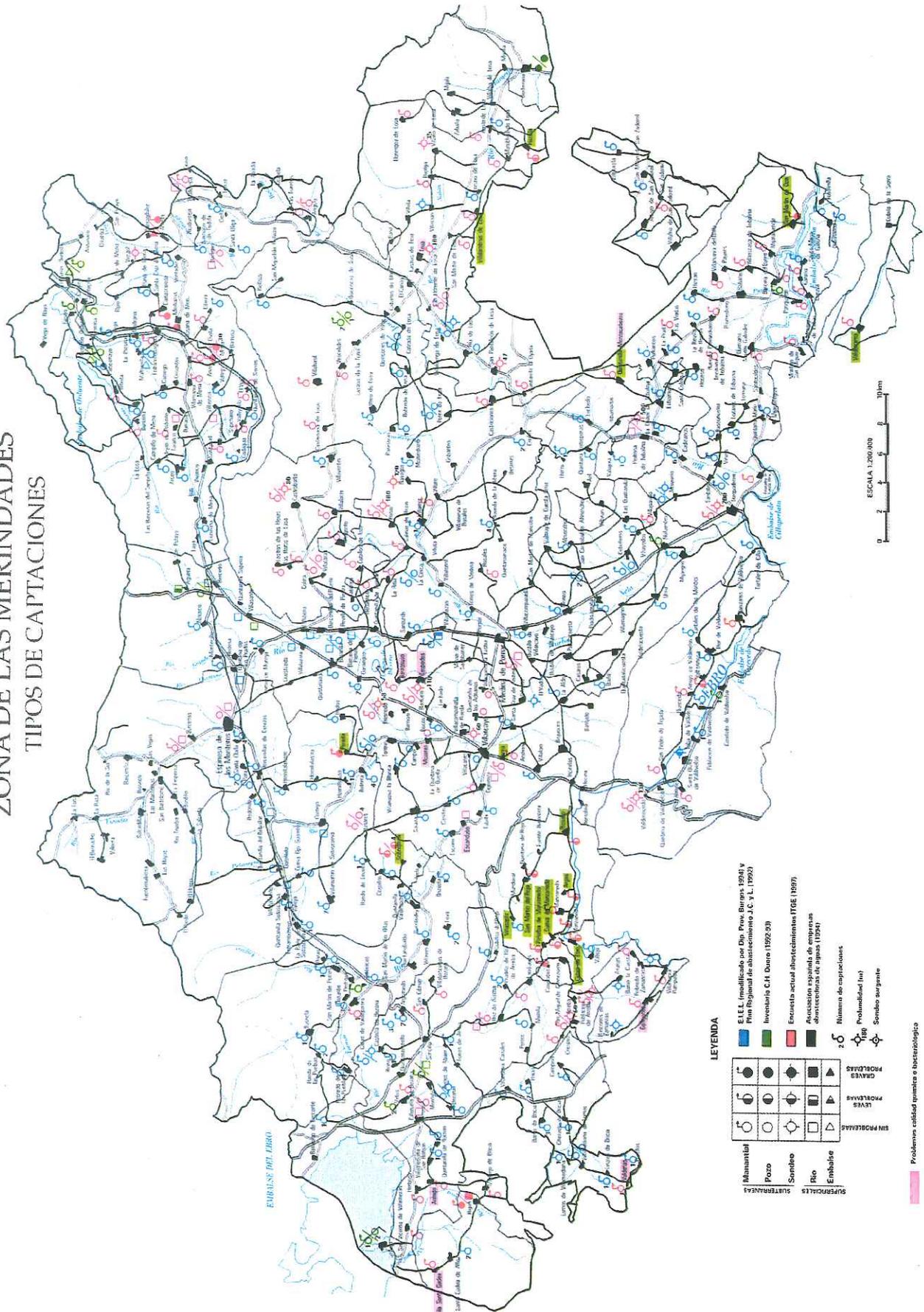
En la provincia de Burgos se definen, total o parcialmente, 18 unidades hidrogeológicas –entendiéndose por “Unidad Hidrogeológica” el conjunto de uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una eficaz y racional administración del agua– además de un conjunto de formaciones de baja permeabilidad, representadas en el cuadro nº 1.

Cuenca	nº identificación	nº y denominación Unidades Hidrogeológicas	Edad de las formaciones	Superficie provincial en km²
Duero	02	02. Quintanilla-Peñahorada-Atapuerca	Cretácico	992
		08. Central del Duero	Terciario	1359
		09. Burgos-Aranda	Terciario	3835
		10. Arlanza-Ucero-Avión	Cretácico	1192
		14. Páramo de Duratón	Terciario	85
		18. Segovia	Triásico	6
		S.N. Formaciones de baja permeabilidad	Varias	1241
		Ebro	09	02. Sedano-La Lora
03. Villarcayo.	Cretácico			1356
04. Montes Obarenes-Sobrón	Cretácico-Terciario			240
05. Treviño	Cretácico-Terciario			319
07. Sierra de Cantabria	Triásico-Jurásico y Cretácico			59
08. Arana	Cretácico			31
10. Entzia-Montes de Vitoria	Cretácico-Terciario			22
25. Ebro y afluentes	Cuaternario			68
32. Ezcaray-Pradoluengo	Jurásico			80
33. Ortigosa-Mansilla-Neila	Jurásico			*120
62. Bureba	Cretácico-Terciario			500
S.N. Formaciones de baja permeabilidad	Varias			999
Norte	01	S.N. Formaciones de baja permeabilidad	Varias	270

* Esta unidad comparte 57 km² con la Cuenca del Duero

Cuadro nº 1. Unidades hidrogeológicas de la provincia de Burgos.

ZONA DE LAS MERINDADES TIPOS DE CAPTACIONES



Cuenca Hidrográfica	Unidad hidrogeológica	Entradas (hm ³ /año)			Salidas (hm ³ /año)			
		Infiltración	De otras U.H.	Por cauces superf.	Drenaje a ríos	Bombeos	A otras U.H.	Por manantiales
Duero 02	02. Quintanilla-Peñahorada-Atapuerca	22	2	09.02		24		**
	08. Región Central del Duero		6	02.09			1	5 ^u Fuera prov.
	09. Burgos-Aranda	130	106	02.10		220	10	6 ^u 02.08
	10. Arlanza-Ucero-Avión	160			6	59	1	106 ^u 02.09
	14. Baramo del Duratón	36	9	02.18				
Total Duero		348	123		6	303	12	117^u
Ebro 09	02. Sedano-La Lora	134			6	69		2 02.02
	03. Villarcayo	151			12	143	4	16
	04. Obarenes-Sobrón	25				8	1	9
	05. Treviño	25				8		
	32. Ezcaray-Pradoluengo	8			2	7		
	33. Ortigosa-Mansilla-Nela	12			20	15		12
	62. Bareba	8				8		
Total Ebro		363			40	258	5	39

* Salidas laterales no controladas a otras U.H.
 ** Incluidas en el drenaje por ríos

Cuadro nº 2. Balance estimativo de las aguas subterráneas de las unidades hidrogeológicas de la provincia de Burgos.

En el "Atlas del medio hídrico de la provincia de Burgos" se abordan en detalle todas las unidades hidrogeológicas de la provincia. En cada una de ellas se describen las formaciones acuíferas y sus características: hidrodinámica subterránea, funcionamiento hidrogeológico, calidad de las aguas subterráneas, aspectos relacionados con

la vulnerabilidad y contaminación de los acuíferos y, por último, una visión general de los recursos y usos. Cada una de ellas va acompañada de un mapa hidrogeológico con su esquema de funcionamiento hidráulico, así como cortes hidrogeológicos esquemáticos.

Del mismo modo, se realizó un balance estimativo de las aguas subte-

rráneas de las unidades hidrogeológicas recogiendo los datos de entradas o recargas de agua (procedentes de la infiltración directa de agua de lluvia, por los cauces de los ríos que las atraviesan y las aportaciones subterráneas procedentes de otras unidades colindantes) y las cantidades de agua subterránea que salen de cada una de las unidades (drenaje a cauces de ríos, bombeos, cesiones subterráneas a otras unidades vecinas y el drenaje natural por fuentes y manantiales). Los datos se resumen en el **cuadro nº 2.**

El *Mapa del medio hídrico de la provincia de Burgos*, que acompaña al citado Atlas, se simplificó estableciendo según la litología y las características hidrogeológicas de los materiales aflorantes unos niveles de potencialidad acuífera desde muy alta a muy baja. Con ello se obtuvo un mapa que representa de manera sencilla la *potencialidad acuífera* en la provincia. Esta generalización ha de servir para, de manera directa y teniendo presente los conocimientos recogidos en el *Atlas*, establecer unos criterios de estimación de las posibilidades de captación de aguas subterráneas que puedan surgir en el ejercicio de las labores de gestión



Pozo de anillos de hormigón para abastecimiento en Redecilla del Camino.



Embalse de agua en el río Oca.

de los recursos hídricos en la provincia destinados al abastecimiento urbano.

Las especiales características y condiciones de las aguas subterráneas, distribución espacial de los acuíferos, sus importantes reservas almacenadas, su protección natural ante agentes contaminantes, la facilidad de acceso al recurso y su posible aplicación inmediata a la demanda, las sitúan en multitud de los casos en lugar relevante ante otras alternativas posibles. En el caso de la provincia de Burgos, con una dispersión de la población tan acusada en el medio rural en núcleos urbanos pequeños, la gestión hídrica ha de encaminarse a la búsqueda de soluciones locales a nivel de núcleo urbano o pequeñas mancomunidades de usuarios, antes que la construcción de grandes obras más apropiadas para atender las demandas de grandes núcleos de población.

Conclusiones

La provincia de Burgos posee una distribución de la población en núcleos urbanos singular y compleja, debido a su dispersión y tamaño de éstos sobre

el territorio. Los problemas de suministro de agua para abastecimiento se producen principalmente en los núcleos urbanos menores de 100 habitantes en el ámbito rural, asociados generalmente a una problemática común: aumento de la población en verano, carencias de gestión e infraestructurales entre otras. La mejora en la gestión y captación de aguas subterráneas en los casos en los que sea factible puede solucionar gran parte de estos problemas.

Los recursos subterráneos renovables de la provincia proceden de la infiltración directa del agua de lluvia, que superan los 700 hm³/año, y los originados como consecuencia de la infiltración a través de los ríos, que se han evaluado en unos 50 hm³/año.

Los volúmenes teóricos estimados de utilización de aguas subterráneas son del orden de 10 hm³/año para el abastecimiento de unos 131.000 habitantes que lo hacen exclusivamente de este modo y de aproximadamente 22 hm³/año que se emplean para el riego de algo más de 3.000 ha, entre permanentes y eventuales, extraídos principalmente a través de sondeos y, en menor medida, de manantiales.

Por tanto, del total de los recursos renovables solamente se utilizan por captación de manantiales o por sondeos un 4 % de los mismos, lo que pone de manifiesto el escaso grado de aprovechamiento de las aguas subterráneas en la provincia.

Una concienciación del potencial uso de las aguas subterráneas, unido a un conocimiento profundo de la hidrogeología regional y local y a la racional utilización y conservación de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, son la base de una futura planificación hídrica y pueden ayudar a erradicar los problemas de suministro de agua para abastecimiento.

Referencias bibliográficas

- Junta de Castilla y León (1992). "Plan Director de Infraestructura hidráulica urbana. Plan Regional de abastecimientos".
- MOPTMA (1994): Plan hidrológico del Duero.
- Junta de Castilla y León (1995): Mapa Hidrogeológico de Castilla y León.
- MOPTMA (1996): Plan hidrológico del Ebro.
- ITGE-Diputación Provincial de Burgos (1998): Atlas del medio hídrico de la provincia de Burgos.
- ITGE-Diputación Provincial de Burgos (1998): Aprovechamiento de los recursos hídricos de la provincia de Burgos (Memoria, Planos y documentación complementaria).

Aplicaciones de la medición del campo gravitatorio en geología

R. Tejero López

Dra. en Geología, Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense.

R. Campos Egea

Dra. en Geología, Instituto de Medio Ambiente del CIEMAT.

Las anomalías gravimétricas representan las variaciones de la aceleración de la gravedad debidas a las diferencias de densidad de las rocas que constituyen la corteza terrestre. Su análisis e interpretación aportan una información muy valiosa en las investigaciones de la estructura cortical y en la detección de sustancias de interés económico.

La gravedad es una fuerza de atracción que actúa en toda la materia. De todas las fuerzas que actúan en la naturaleza, la fuerza de la gravedad es la más débil, sin embargo, su largo alcance y su universalidad la hacen representar un papel dominante en la evolución de las estrellas, las galaxias y el universo entero. En la Tierra, trabaja constantemente para mantener unidos todos los elementos, empujándolos, a su vez, hacia el centro del planeta. El tratamiento cuantitativo de esta fuerza comienza con las investigaciones de Newton, que estudiando la órbita de la Luna alrededor de la Tierra, dedujo que la fuerza que controlaba el movimiento era semejante a la fuerza con la que la Tierra atraía a los objetos, haciendo que cayeran sobre su superficie. Newton calculó que la atracción F entre dos cuerpos de masas, m y m' , separados una distancia r , viene dada por la expresión matemática: $F = G mm' / r^2$, siendo G , la constante gravitacional, cuyo valor es $6.670 \cdot 10^{-11}$ Newton m^2 Kg^{-2} . Expresión conocida como la ley de la gravitación universal. Si suponemos que la masa total de la Tierra, M , está concentrada en su centro, la fuerza F ejercida sobre una unidad masa situada sobre su superficie es $F = GM/R^2$, siendo R el radio de la Tierra. Este valor se mide en unidades de aceleración y representa la aceleración de la gravedad. La aceleración de la gravedad es la medida de la intensidad del campo gravitatorio producido por la masa de la Tierra. Hasta aquí la Física nos proporciona la base conceptual

sobre la que se asienta la gravimetría, rama de la geofísica, dedicada al estudio del campo gravitatorio.

La aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra es de 980 cm.s^{-2} o, lo que es lo mismo, 980 Gal , (en homenaje a Galileo). Una unidad de aceleración de la gravedad corresponde a 0.1 mGal (milésima de Gal) ó 10^{-6} m.s^{-2} , siendo $1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm.s}^{-2}$. En la vida cotidiana asumimos que, la aceleración de la gravedad tiene un valor constante en toda la superficie terrestre, pero las medidas de esta, han demostrado que varía de unos puntos a otros y sus diferencias se deben a que la Tierra no es una esfera perfecta y homogénea en estado de reposo. Nuestro planeta gira alrededor de su eje y está sometida a la influencia de las atracciones del Sol y la Luna. Además, la corteza terrestre, que contribuye en un 3% al campo gravitatorio total está constituida por rocas de distintas densidades. El cálculo de las diferencias debidas a este último aspecto, constituye la base de la aplicación del estudio del campo gravitatorio a las investigaciones geológicas. El objetivo principal de la prospección gravimétrica, por tanto, es analizar e interpretar la forma y distribución de los cuerpos rocosos de distinta densidad, que forman la corteza.

La relación entre el valor de la aceleración de la gravedad y las densidades de las rocas fue observada por Bouguer, pero fue Sabine, en 1825, quien reconoció la posibilidad de estimar la distribución y densidad de las rocas a partir de la medida del campo gravita-

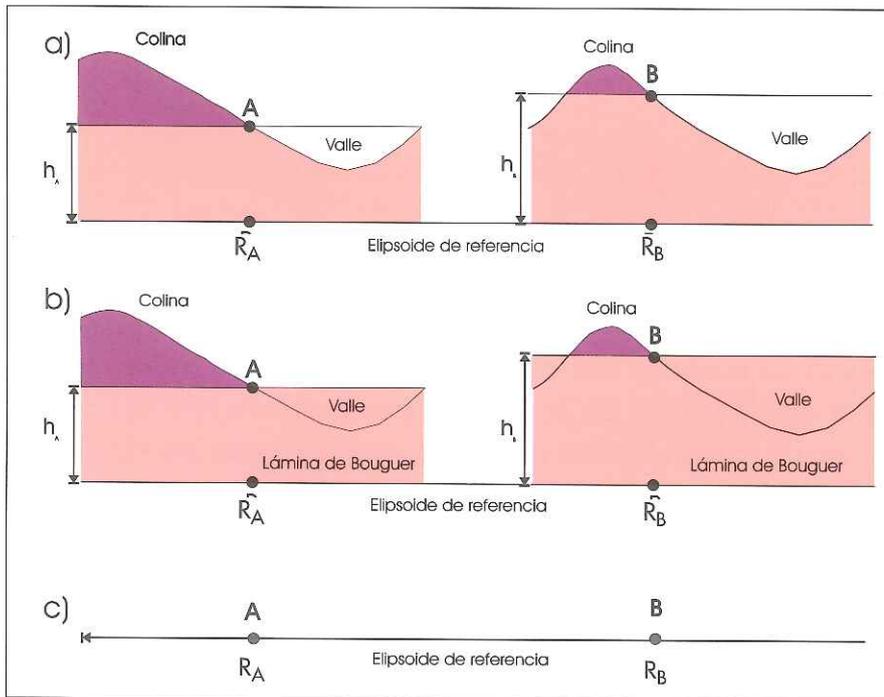


Figura 1. Para que las medidas de la aceleración de la gravedad en las estaciones A y B sean comparables con sus valores teóricos sobre el elipsoide de referencia es necesario realizar la corrección topográfica (a), la corrección de Bouguer (b) y la corrección de aire libre, está última en función de las diferencias de cota h_A y h_B . (Véase explicación en el texto).

torio. A finales del siglo XIX, comienza el desarrollo de la prospección gravimétrica. En aquellos años, las medidas del campo se realizaban mediante péndulos, instrumentos que fueron reemplazados por la balanza de torsión, diseñada por Von Eotvos entre los años 1896 y 1906. Durante el siglo XX, la aplicación de esta técnica a la detección de yacimientos de interés económico impulsó la construcción de aparatos de medida, cada vez más precisos y más fáciles de manejar y transportar. En la actualidad las medidas se realizan con gravímetros, instrumentos que consisten fundamentalmente en una balanza de precisión. El gravímetro registra en cada estación la variación de la intensidad del campo gravitatorio total con respecto a una estación de gravedad conocida, denominada base. La necesidad de contar con una red mundial de bases, a las que referir las medidas relativas, llevó a la definición de una superficie ajustada a la forma de la Tierra, sobre la que se calculó el valor teórico de la aceleración de la gravedad en cada punto. La mejor aproximación matemática a esta forma, es la de un elipsoide oblató. El valor teórico de la aceleración de la gravedad calculado sobre cada punto de esta superficie (Elipsoide Internacional de Referen-

cia), indica las variaciones de la gravedad con la longitud y la latitud, teniendo en cuenta la influencia de la rotación. Los valores muestran un aumento de la aceleración de la gravedad de aproximadamente 5300 mGal desde el ecuador a los polos. Como las fuerzas gravitatorias del Sol y la Luna deforman la forma de la Tierra, causando mareas en los océanos, la atmósfera y la Tierra sólida, una medida realizada sobre el elipsoide ha de ser corregida de la influencia de estos efectos. El Sol y la Luna causan una aceleración en la superficie de la Tierra de más de 0,3 mGal, de los cuales dos tercios son debidos a la Luna y un tercio al Sol.

En la práctica, no es posible medir la gravedad en puntos situados exactamente sobre el elipsoide de referencia, sino que el punto o estación de medida puede estar cientos de metros por encima o por debajo de éste, además, la estación normalmente está rodeada por montañas y valles que modifican la medida. Por ejemplo, supongamos que se va a realizar la medida en dos estaciones A y B, en un terreno montañoso (Figura 1). Los valores teóricos calculados a partir del elipsoide de referencia estarán situados por debajo de las altitudes de estos puntos, en R_A y R_B respectivamente. Por lo tanto, es

necesario corregir las medidas antes de que sean comparadas con el valor de referencia. Tanto la colina, como el valle adyacente a las estaciones A y B, ejercen una atracción que reduce el valor de la medida experimental. La colina tiene un centro de masas situado por encima de la cota de la estación. El gravímetro mide la gravedad en una dirección vertical orientada como lo estaría un péndulo. La masa de la colina atrae al gravímetro según una componente vertical orientada hacia la colina, reduciendo el valor de la medida. Para compensar este efecto se calcula la corrección del terreno, o corrección topográfica, y se suma a la medida experimental. En el punto B se produce el mismo efecto pero la corrección es menor, ya que también lo es la masa de la colina. De la misma manera, si el valle estuviera relleno de una roca de la misma densidad que la que se encuentra bajo A y B, la aceleración sería mayor. Al igual que en el caso de la colina el valor de la corrección topográfica se suma a la medida.

Al quitar los efectos de la topografía circundante, se consigue que la altitud del terreno sea equivalente a la de la estación. Estas altitudes siguen siendo diferentes a la altitud del punto correspondiente en el elipsoide de referencia y, entre los dos puntos existe una lámina de roca con una determinada densidad, cuyo efecto gravitatorio está incluido en la medida y que, debe ser eliminado. Su contribución a la aceleración de la gravedad se calcula a partir de su densidad y espesor, siendo este la diferencia entre la cota en el terreno y la cota del elipsoide. Esta lámina se conoce como lámina de Bouguer y la corrección se denomina corrección de Bouguer y su valor se resta al de la medida. Por último, es necesario compensar la diferencia de cota entre la estación y el elipsoide. La distancia en A y B hasta el centro de la Tierra es mayor que sobre el elipsoide. Según la ley de la gravitación universal la aceleración será menor, por lo que debe corregirse. Esta corrección recibe el nombre de corrección de aire libre.

Todas estas correcciones permiten la comparación entre la gravedad teórica en el elipsoide y la gravedad medida u observada. La diferencia entre ambas se denomina anomalía gravimétrica. Los tipos de anomalías más utilizadas en geología son la anomalía de aire-libre y la anomalía de Bouguer.

Teniendo en cuenta las correcciones anteriores, la anomalía de Bouguer se define como: $Dg_B = g_{obs} + (Dg_{AL} - Dg_b + Dg_t + Dg_M) - g_T$; donde g_{obs} es el valor medido, g_T el valor teórico, Dg_{AL} la corrección de aire libre, Dg_b la corrección de Bouguer, Dg_t la corrección topográfica y Dg_M la corrección del efecto de las mareas. Cuando se realiza únicamente la corrección de aire libre: $Dg_B = g_{obs} + Dg_{AL} - g_T$, se obtiene la anomalía de aire libre.

Como ya hemos mencionado, la corteza terrestre contribuye en un 3% al campo gravitatorio total, por lo que las variaciones tienen valores muy pequeños y los gravímetros deben tener una gran sensibilidad, del orden de 0,01 mGal, lo que representa $1/10^8$ del campo gravitatorio total. Un aspecto importante en un levantamiento gravimétrico, es situar la estación de medida del modo más preciso posible. Los nuevos sistemas de cálculo de la longitud y latitud de un punto sobre la superficie terrestre, basados en la información de los satélites (Global Positioning System: GPS), han supuesto un gran avance respecto al método de localización del punto en un mapa. La cota de cada estación se determina generalmente con altímetros o, en levantamientos muy detallados, mediante teodolitos y distanciómetros. Las medidas se realizan en puntos de una malla, regular o no, cuyo espaciado depende del propósito de la investigación.

Para cada estación se calcula el valor de la anomalía de Bouguer, de la forma descrita anteriormente y con el conjunto de valores obtenidos se elabora una mapa, denominado mapa de anomalías de Bouguer, en el que se representan líneas de igual valor de la anomalía. Las características y distribución de los máximos y mínimos gravimétricos en el mapa de anomalías de Bouguer, representan las variaciones laterales de densidad de los materiales que forman el subsuelo. Supongamos que un cuerpo, formado por una roca A de densidad ρ_A , está rodeado por un cuerpo rocoso B, de densidad ρ_B . Si la densidad del cuerpo A es mayor que la densidad de la roca encajante B, la diferencia de densidades $\rho_A - \rho_B$, denominada contraste de densidades, es positiva y la anomalía es positiva (Figura 2). En el caso en que el contraste de densidades sea negativo, la anomalía es negativa. Las anomalías negativas indican una deficiencia de masa y las anomalías

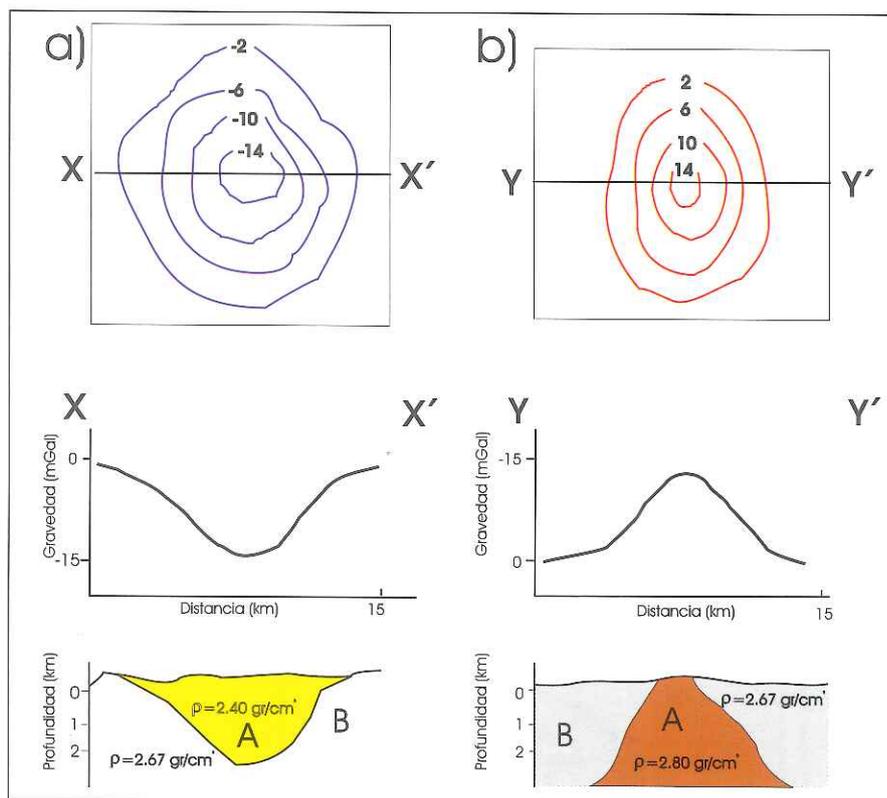


Figura 2. Anomalías gravimétricas producidas por cuerpos con contraste de densidad negativo (a) y positivo (b). En el caso a, está representada en un mapa y según el perfil X-X', la anomalía negativa producida por el cuerpo A, de menor densidad (en amarillo) que la roca subyacente B. En el caso b, el cuerpo A (en rojo) tiene una densidad mayor que la roca encajante B, originando una anomalía positiva.

positivas un exceso de masa respecto al valor teórico calculado en el elipsoide.

Los valores y las formas de las anomalías también dependen de las dimensiones y de la profundidad a la que está situado el cuerpo rocoso que la produce. La extensión en la horizontal de una anomalía, medida en un mapa (equivalente a su semi-longitud de onda), proporciona una aproximación cualitativa de las dimensiones y profundidad del cuerpo que la origina. Cuerpos profundos y de grandes dimensiones dan lugar a anomalías muy extensas, definidas por gran longitud de onda larga y baja amplitud, mientras que cuerpos superficiales, relativamente pequeños crean anomalías de longitud de onda corta y gran amplitud.

En general, los continentes están caracterizados por anomalías gravimétricas negativas como consecuencia del mayor espesor y menor densidad de la corteza continental, frente a la corteza oceánica. En estas áreas, las anomalías de mayor longitud de onda corresponden al contraste de densidad entre la corteza y el manto, por ello, las grandes cadenas montañosas, donde la corteza

tiene mayor espesor, las anomalías asociadas son negativas. Hay que tener en cuenta que el mapa de anomalías de Bouguer de una zona, representa la superposición de las anomalías generadas por diversos cuerpos situados a distinta profundidad y su interpretación requiere un análisis cuidadoso de la forma y distribución de las anomalías y de su relación con la geología de la región.

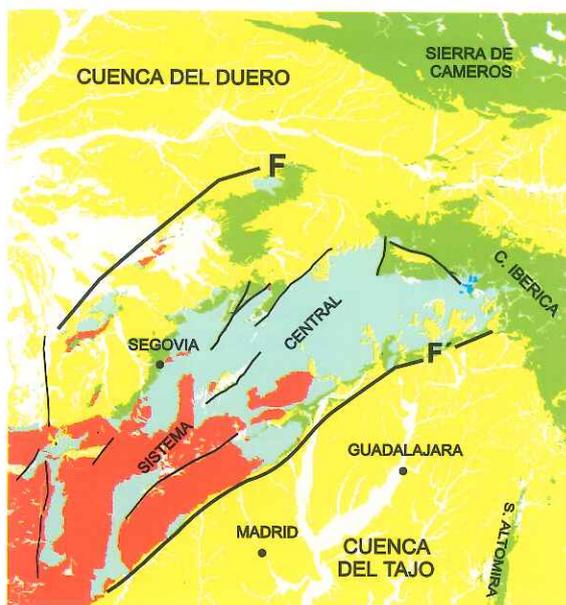
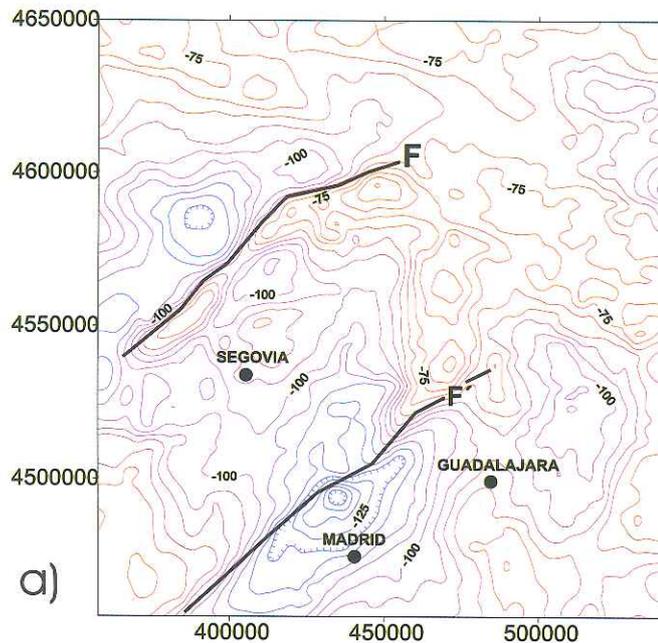
En la figura 3 están representados el mapa de anomalías de Bouguer y el esquema geológico de la zona centro-oriental del Sistema Central, Cuenca del Duero y Cuenca del Tajo. El mapa de anomalías de Bouguer muestra la existencia de una deficiencia de masa en la zona, reflejada por valores negativos, como corresponde a un área continental. La comparación de la distribución de las anomalías con la geología de la región, muestra que, los valores más negativos están situados sobre las cuencas terciarias, asociados a los mayores espesores de sedimentos que rellenan las cuencas. Estos sedimentos tienen una densidad menor que las rocas metamórficas e ígneas que afloran en el Sistema Central. Al norte de Ma-

Madrid y de Segovia se observa que las isoanómalas se encuentran muy próximas, alineadas según una dirección NE-SO (señaladas en la figura con las líneas F y F'). Estas alineaciones, que marcan fuertes gradientes de variación

de las anomalías, están relacionadas con las fallas inversas corticales, que delimitan el bloque elevado del Sistema Central con las cuencas adyacentes. Al igual que se han establecido estas interpretaciones, la comparación más

completa y detallada entre los dos mapas, iría desvelando más datos sobre la estructura de la corteza de esta área.

Este análisis, de carácter puramente cualitativo, constituye una primera etapa en un estudio gravimétrico. La



- Rocas sedimentarias (Cuaternario)
- Rocas sedimentarias (Terciario)
- Rocas sedimentarias (Mesozoico)
- Rocas metamórficas (Precámbrico y Paleozoico)
- Rocas ígneas

Figura 3. Mapa de anomalías de Bouguer de la zona centro-oriental del Sistema Central (a) y mapa geológico de la misma área (b). Las líneas F y F' representan los gradientes asociados a las fallas que limitan el Sistema Central. Las coordenadas del mapa de anomalías de Bouguer son coordenadas UTM (m).

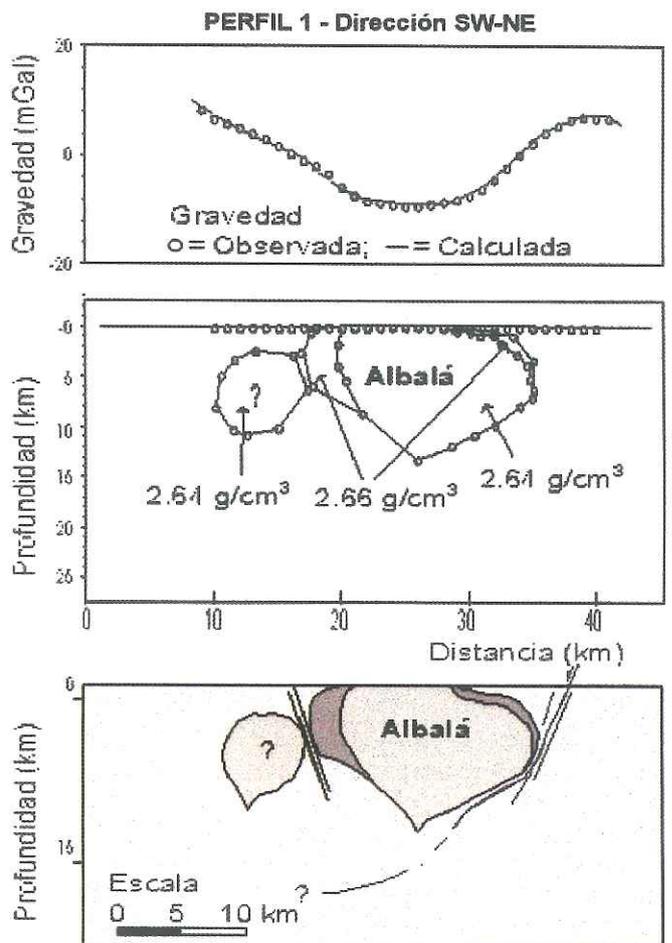
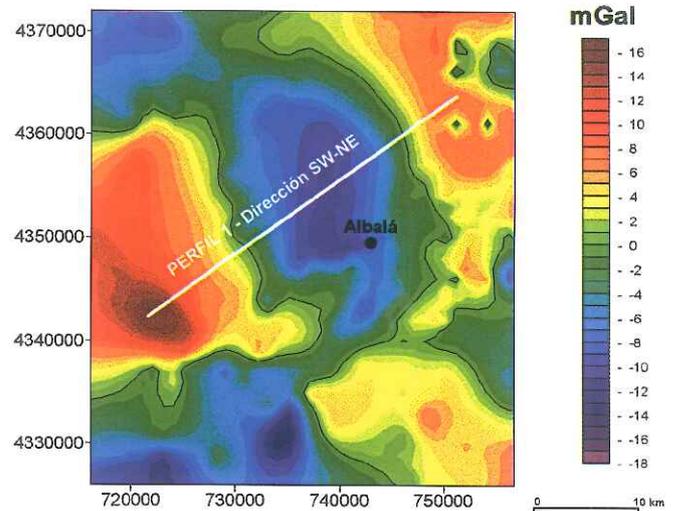


Figura 4. a) Mapa de anomalías de Bouguer del batolito de Albalá, (Extremadura Central) y modelización gravimétrica del perfil 1. Las coordenadas del mapa de anomalías de Bouguer son coordenadas UTM (m).

aplicación de esta técnica a la detección de yacimientos minerales ha dado lugar al desarrollo de tratamientos matemáticos cuyos objetivos son por una parte, intentar discriminar las anomalías generadas por cuerpos situados a distinta profundidad, y por otra parte establecer la forma, dimensiones y localización de los cuerpos que originan las anomalías. En este último aspecto es fundamental conocer la densidad de las rocas, bien por medio de su medida en muestras de rocas aflorantes y sondeos, bien a partir de otros métodos geofísicos. Las complicadas ecuaciones que relacionan la forma, dimensión y densidad de un cuerpo con una anomalía, se resuelven en la actualidad en poco tiempo con la ayuda de la informática. Este tratamiento permite elaborar modelos de la distribución de las densidades en el subsuelo. Pero el problema de estos modelos es que existe un gran número de soluciones que satisfacen una anomalía dada. Con objeto de evitar que el resultado sea poco realista es indispensable un buen conocimiento de la geología de la zona.

La prospección gravimétrica también proporciona una excelente infor-

mación subsuperficial en áreas en donde existe un alto contraste de densidad entre los materiales, como es el caso de los trabajos realizados sobre los plutones graníticos del Sector Central de Extremadura. En la **figura 4** se ha representado el mapa de anomalías de Bouguer de uno de estos cuerpos, el batolito de Albalá, al cual está asociada una gran anomalía negativa. A partir de los datos de esta anomalía se ha modelizado la forma del batolito en profundidad. El modelo aporta información sobre la estructura de la corteza y sobre las áreas favorables para el desarrollo de yacimientos minerales de sustancias relacionadas con ciertos cuerpos ígneos. Los ejemplos presentados son una pequeña muestra de la información que pueden aportar los estudios gravimétricos sobre la geología de una zona para las investigaciones de la estructura de la corteza y de su utilidad como herramienta para la localización de cuerpos relacionados con sustancias de interés económico. Los mapas gravimétricos terrestres se han distinguido por tener una larga historia en la investigación de la estructura y variación petrológica de la litosfera

terrestre; así mismo, los estudios gravimétricos son una herramienta fundamental en la evaluación de los recursos geológicos y minerales. En principio las observaciones fueron dirigidas a aspectos parciales y concretos como objetivos geológicos singulares y yacimientos minerales, pero el incremento de estos estudios, el desarrollo de sistemas portátiles y aeroportados, y los datos obtenidos mediante satélites, ha facilitado la investigación de grandes áreas. Al mismo tiempo el desarrollo de microgravímetros, capaces de medir con precisión diferencias menores de 0,01 mGal, ha impulsado los estudios anomalías de pequeña extensión.

Referencias bibliográficas

- Kearey, P. y Brooks, M. *An introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Scientific Publ. Oxford 1991.
- Lowrie, W. *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge 1997.
- Telford, W. M.; Geldart, L. y Sheriff, R. E. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge 1990.
- Udías, A. y Mezcua, J. *Fundamentos de Geofísica*. Editorial Alianza. Col. Universidad Textos. Madrid 1997.



SUMINISTROS A PYMES Y GRANDES EMPRESAS

**DE TODO TIPO DE MATERIAL
FOTOGRAFICO, AUDIOVISUAL,
DE PRESENTACIONES, TELEVISORES Y VIDEOS**

DESCUENTOS ESPECIALES A COLEGIADOS

C/ MARCENADO, 4 - 28002 MADRID

TF/FAX: 914 15 27 11

Veinte años después de aquel inolvidable 26/12/78

Transcurridos veinte años de aquel inolvidable día en que por Ley 73/1978, de 26 de diciembre fue aprobada la "CREACIÓN DEL ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS" (I.C.O.G.), de España, resulta obligado, al menos, hacer un breve análisis histórico por quienes estuvimos conectados de alguna forma en aquel hecho. Fueron muchas las personas implicadas y que aportaron sus esfuerzos, pero no parecía acabarse nunca, en el último instante siempre algo o alguien fallaba; como epílogo de todo aquello, algunos geólogos de Granada tuvimos la idea de contactar con el parlamentario Antonio Jiménez Blanco, también granadino, con quien habíamos tenido algún contacto en la etapa juvenil y su promesa fue cumplida, en la primera reunión del Pleno del Congreso vio la luz la citada Ley 73/78, tras la aprobación en la Comisión de Industria del cambio de nombre a Colegio de Geólogos, que tuvimos ocasión de conocer ese mismo día en las últimas NOTICIAS de TVE y que posteriormente fue ratificada por el Senado, publicándose en el B.O.E. de 11/01/79.

A tantos años de distancia, resulta difícil volver hacia atrás para hacer un análisis de la situación, pues seguro que nos olvidamos de algo o de alguien que no debiéramos, pero es importante recordar los antecedentes para poder obtener alguna conclusión.

La historia de la GEOLOGÍA en nuestro país se inició en el año 1954, cuando quedó suprimida la Licenciatura de CIENCIAS NATURALES y fue sustituida en Madrid y Barcelona por las FACULTADES DE CIENCIAS: SECCIÓN DE BIOLOGÍA Y SECCIÓN DE GEOLOGÍA. Posteriormente se fueron uniendo las Universidades de Oviedo, Granada, Salamanca, Zaragoza, La Laguna, Sevilla, etc.

En aquella etapa inicial el número de alumnos matriculados en España en la Sección de Geología no llegaba a 70 y, en consecuencia, la problemática relacionada con la salida profesional no existió; el aumento del número de alumnos asociado al de Facultades que se iban creando en nuestro país creció de forma exponencial y con ello surge la necesidad de búsqueda de nuevas salidas profesionales fuera de la enseñanza, por lo que se comienza a gestar un Colegio Profesional que pudiera defender los intereses profesionales en áreas que hasta ese momento prácticamente nos estaban vetadas: Minería, Obras Públicas, Hidrogeología, Geotecnia, Petróleo, Suelos, etc.

Con anterioridad a estas fechas, en los años 60, nació la ASOCIACIÓN DE GEÓLOGOS ESPAÑOLES (A.G.E.), que en sus ESTATUTOS (Cap. II: FINES; Art. 2) dice literalmente: "El fin principal de la Asociación es el de ser cauce y medio de unión entre los geólogos españoles y procurar la realización de sus legítimas aspiraciones:

a) ... g) Promoverá e impulsará la creación de Colegios Profesionales de Geólogos".

El grupo de profesionales de la Geología unidos en la A.G.E. había ido creciendo gradualmente: año 70, unos 500 asociados; año 71, 610 asociados; año 73, 730 asociados; año 78, 960 asociados; etc., y fue el germen que dio lugar a la consecución de nuestro I.C.O.G.

Tras la aprobación de la Ley 73/78, se creó una JUNTA PROVISIONAL DE GOBIERNO que se encargó de convocar las PRIMERAS ELECCIONES. El día 7 de julio de 1979, tras haberse concluido todos los actos electorales, tiene lugar la reunión entre los componentes de la MESA ELECTORAL y los miembros de la JUNTA PROVISIONAL DE GOBIERNO y es proclamada de forma definitiva la 1ª JUNTA DE GOBIERNO, que quedó constituida por:

Presidente:	Juan Antonio Martín-Vivaldi Martínez
Vicepresidente 1º:	Juan José Iraola Múgica
Vicepresidente 2º:	Alberto Batlle Gargallo
Secretario:	Vicente Crespo Lara
Vicesecretario:	Juan Luís García Acedo
Tesorero:	Enrique Aragonés Valls
Vocal 1º:	Rafael Cabanás Córdoba
Vocal 2º:	Vicente Carpio Cuéllar
Vocal 3º:	Alberto Peón Peláez
Vocal 4º:	Antonio Afonso Rodríguez
Vocal 5º:	Manuel Álvarez Chaín

En ese instante se inician un gran número de actuaciones, todas ellas urgentes, cuyo fin no era otro que poder empezar a funcionar como colectivo profesional:

1. Difusión del Colegio entre todos los titulados en Geología.
2. Apertura de Libros de Colegiación, carnet de colegiado (1980: 404; 1981: 515; 1.982: 695), Libros de Contabilidad, Libros de Actas, etc.
3. Creación de Bolsa de Trabajo.
4. Elaboración del Boletín de Información de Geólogos Españoles (a fecha Marzo de 1983, 12 números), posteriormente transformado en revista EL GEÓLOGO (hoy por el número 46), apareciendo en el año 91 la revista TIERRA Y TECNOLOGÍA (hoy por el número 18), y en el año 95 la revista de la Federación Europea de Geólogos.
5. Elaboración del Código Deontológico del Geólogo.
6. Elaboración de Normas de Honorarios Profesionales.
7. Incorporación a la Federación Europea de Geólogos.
8. Elaboración de ESTATUTOS (Aprobados por R.D. 1709/81, de 19 de junio).
9. Diseño del emblema del Colegio.
10. Elaboración de Reglamento de Régimen Interior.
11. Intervención ante las nuevas legislaciones: Aguas, Minería, etc.

12. Participación en Congresos, Simposios, Jornadas, Reuniones, Cursos, etc.

13. Entablar contactos con la Administración del Estado, Comunidades Autónomas, Diputaciones, Ayuntamientos, Universidades, etc., para ir abriendo frentes laborales.

14. Convocatoria de Asambleas Anuales y Extraordinarias.

15. Elaboración de Anuarios de Colegiados.

16. Conseguir Sede Social propia (hasta entonces cedida por el C.S.I.C.).

17. Creación de Delegaciones del Colegio (Andalucía y Asturias).

18. Convocar elecciones (Noviembre 81 y Marzo 83).

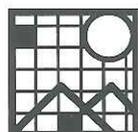
19. Etc.

Cumplida esta primera etapa de puesta en marcha de nuestro colectivo, en la que tuve la suerte y al mismo tiempo la responsabilidad de coordinar, cedimos el timón a la 3ª Junta de Gobierno, encabezada por Antolín Aldonza Moreno. Desde aquella fecha a nuestros días se han producido muchísimos acontecimientos que a su vez han colocado a nuestro colectivo en una situación muy diferente al punto de partida y lógicamente con una posición profesional totalmente consolidada: muchos más profesionales entre Licenciados y Doctores en Geología; ampliación de los campos de empleo profesional (Enseñanza Superior y Media); Investigación; Hidrogeología; Geotecnia; Ingeniería Geológica; Edafología; Minería y Rocas Industriales; Gemología; Geología Básica; Medio

Ambiente; Teledetección; Informática Geológica; Geofísica; Hidrocarburos; etc., y otros campos no geológicos, tanto dentro como fuera de la Administración Pública –Estatal, Autonómica y Local– dentro y fuera de España); mayor competencia profesional; mayor amplitud respecto a las edades de los profesionales y su experiencia; incorporación a puestos de decisión (Gestión, Dirección, políticos, etc.); mejores posibilidades para estudios de postgrado (Máster, Intercambios, Doctorados, etc.); pero no todos los acontecimientos han sido positivos, hay algunos también negativos, como el aumento del número de colegiados, pero en menor proporción respecto al número de profesionales, un porcentaje importante de desempleo, y el no aumento de la presencia de las mujeres en la profesión que, aunque están presentes desde el principio, el porcentaje inicial de su presencia viene manteniéndose a lo largo de los años situada en torno al 15 %.

Todo, en definitiva, ha servido para, al igual que otros campos profesionales, conseguir un mayor reconocimiento social, en su sentido más amplio, y aproximarnos a una posición de igualdad con otras profesiones, que deberá continuar para intentar conseguir como mínimo el total equiparamiento, con el esfuerzo de todos, y, como siempre, dentro del marco de comportamientos estrictamente deontológicos.

Juan Antonio Martín-Vivaldi Martínez
1^{er} Presidente del I.C.O.G.



GEONATURA
CIENCIAS DE LA TIERRA



Importación y venta de todo tipo de instrumentación para Ciencias de la Tierra.

Brújulas, alfileros, lupas, martillos, estereoscopios, GPS satélite, clinómetros, clisímetros, microscopios, telescopios, prismáticos, hidroniveles para pozos, medidores multiparamétricos de aguas, botellas tomamuestras de aguas, conductivímetros, pHmetros, redox, oxígeno disuelto, turbidímetros, termómetros de agua, de suelo, de aire, equipos de análisis de aguas, equipos de análisis de suelos agrícolas, equipos de análisis foliares, hipsómetros, calibres forestales, barrenas pressler, sismógrafos, equipos SEV, dragas acuáticas, muestreadores acuáticos, material preparaciones microscópicas, penetrómetros de suelo, esclerómetros, telémetros láser, sónicos y ópticos, planímetros, curvímetros, teodolitos y estaciones totales, niveles, miras topográficas, balanzas de campo y de laboratorio, cintas métricas, tamices y tamizadoras, detectores de metales, luxómetros, sonómetros, anemómetros, pluviómetros, estaciones meteorológicas automáticas, termohigrómetros, termohigrógrafos, estufas desecación, placas calefactoras, baños maría etc.

C/. García de Paredes, 21 - 28010 MADRID
Tels.: 91 593 03 71 - 91 593 06 34
Fax: 91 446 76 92 - E-mail: geonatura@jet.es

INSTRUMENTACION PARA CIENCIAS DE LA TIERRA
Horario: 9 a 14 y 16 a 18 horas. Lunes a Viernes

La evolución profesional de los geólogos en las últimas cuatro décadas

De profesores de enseñanza media a ingenieros geólogos

La conmemoración del XX aniversario de la institución del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) es un hito en la construcción de la profesión de geólogo que nos puede servir para realizar un alto en nuestro camino profesional, con el objetivo de *reflexionar sobre la evolución de la profesión de geólogo y sus perspectivas de futuro*.

En las dos décadas anteriores a la creación del ICOG en diciembre de 1978, la profesión de geólogo, heredera de los antiguos Licenciados en Ciencias Naturales, tenían su principal actividad profesional como *profesores de enseñanza media en institutos y colegios, así como profesores no numerarios (PNN) en la enseñanza universitaria*. No en vano, en los planes de estudios de los años setenta de las Facultades de Ciencias Geológicas españolas se impartían asignaturas como la zoología, la botánica, materia en la que se clasificaban plantas con el Bonier y se realizaban herbarios. Qué duda cabe que esta enseñanza dirigida a formar docentes colapsó en pocos años las oportunidades empleo de profesores de enseñanza media y de universidad, por lo que en estas décadas precollegiales los Geólogos fueron abriendo caminos profesionales *en los campos de la infraestructura geológica, con los planes Magna y de la investigación minera, de los minerales metálicos y del petróleo fundamentalmente*. Estos nuevos campos profesionales se iban colonizando con dos desventajas competitivas. Por un lado, los planes de estudios de la Licenciatura de Ciencias Geológicas estaban diseñados, eso sí, con un buen fundamento geológico, para formar fundamentalmente docentes y por otro, la competencia profesional con otros profesionales, fundamentalmente titulados de Minas, con un estamento corporativo centenario y con el apoyo de los Cuerpos de Minas desde la Administración Pública del Estado.

Los profesionales de la geología se estaban transformando, *desde una primera dimensión de docentes a una segunda fase de geólogos del sector industrial*, fruto de la cual se generó una importante concienciación profesional que se plasmó en la creación de la Asociación de Geólogos Españoles (AGE) en los albores de los años setenta. Con la promulgación de la Constitución española, se produjo una aceleración en la transformación de la sociedad española que se configuró, en el plano económico, en un profundo cambio desde una economía industrial a una



Primera fase de la actividad profesional: la enseñanza media y universitaria. Foto del Curso de Legislación y Normativa aplicada a la Gestión Geológica.

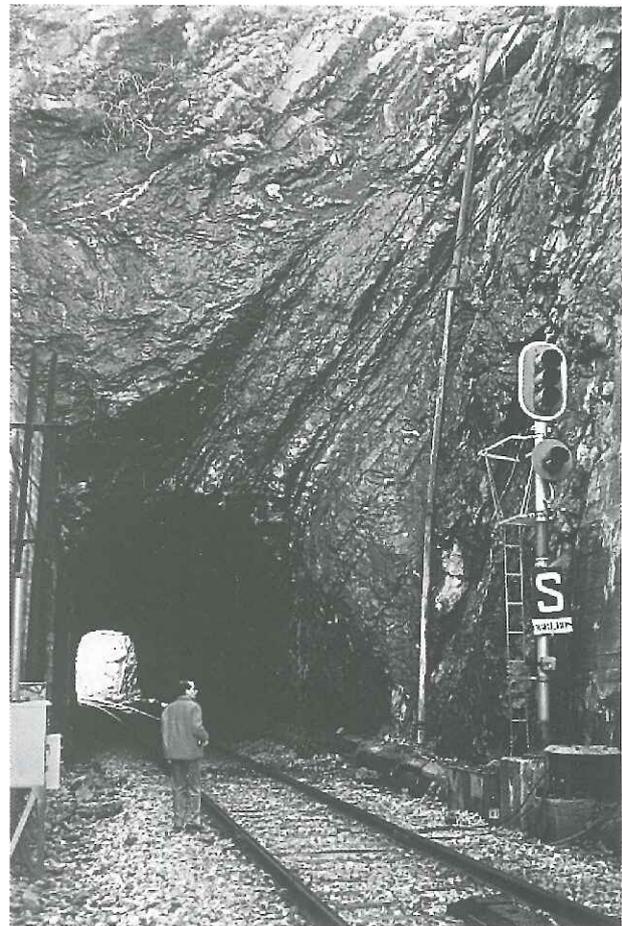
economía de servicios. Como consecuencia de este cambio social se produjo una paulatina mutación del ámbito de actuación profesional de los geólogos, *desde el sector industrial al sector de los servicios: la geotecnia, la hidrogeología, el medio ambiente...* que configuran lo que conceptualmente se puede calificar como *tercera dimensión de la evolución profesional de los geólogos*.

Esta profunda transformación profesional desde una primera fase de docentes, un segundo ciclo de actuación profesional en el sector industrial, para llegar a la actual tercera dimensión profesional en el sector de los servicios se produjo por un estado de necesidad profesional de los geólogos, cuyo denominador común era la falta de adaptación de los planes de estudio a los vertiginosos cambios del mercado geológico. *Nada ni nadie cambia, si las circunstancias no obligan al cambio*, y esa perentoria necesidad de adaptación al mercado era la razón de la supervivencia profesional de los geólogos. Aunque este cambio se realizó con una fuerte componente de autoformación y reciclaje profesional en cursos colegiales y de postgrado.

Cuando todavía no nos hemos asentado en el ámbito de actuación de los servicios, se nos ha venido encima *la cuarta dimensión de la evolución profesional de los geó-*



Segundo ciclo de la actividad profesional de los geólogos: el sector de la investigación minera. Foto de supervisión de homologación de la cantera de La Gotera (León).



Tercera dimensión de la actividad profesional de los geólogos: el sector de los servicios. Foto de un túnel ferroviario en Pajares. Línea León-Gijón.

logos: el título universitario oficial de Ingeniero Geólogo. A diferencia de las fases anteriores, no es el mercado quien fuerza el cambio, sino que son algunos estamentos universitarios quienes, con la creación el siete de mayo de 1999, del título universitario de Ingeniero Geólogo, abren la lucha competencial del mercado geológico. Sin embargo, muy a nuestro pesar, no son las Facultades de Ciencias Geológicas españolas quienes están al frente del nuevo título, sino que son las Universidades Politécnicas de Madrid y Barcelona quienes, ante la falta de adecuación de los planes de estudio de Ciencias Geológicas, las escasas perspectivas profesionales de la carrera de Minas y las importantes oportunidades profesionales del mercado geológico, fuerzan el cambio de situación en el Consejo de Universidades, creando el título de Ingeniero Geólogo.

No obstante, sinceramente creo que las Facultades de Ciencias Geológicas, deberían haber dirigido esta nueva fase transformadora de la formación de la profesión de geólogo. No ha sido así, *pero todavía estamos a tiempo de liderar el proceso, si se crea la carrera de Ingeniero Geólogo en todas las Facultades de Ciencias Geológicas españolas*, con complementos formativos adecuados para los Licenciados en Ciencias Geológicas. No nos queda

otro camino. O pilotamos el cambio hacia a la cuarta dimensión de la geología, o nuestras oportunidades profesionales futuras serán escasas. Como geólogo, Master en Ingeniería Geológica e ingeniero geólogo ejerciente pienso que los futuros ingenieros geólogos se deberían formar en las Facultades de Ciencias Geológicas. En estos momentos los geólogos nos estamos jugando el futuro, pero *quienes van a decidir por nosotros serán las Juntas de las Facultades de Ciencias Geológicas españolas*. Los geólogos y el Colegio Oficial de Geólogos no podremos dirigir el cambio como en fases anteriores, pues si los Ingenieros Geólogos proceden exclusivamente de las Escuelas Politécnicas, nuestro futuro estará en entredicho. Por ello espero y esperamos los profesionales de la geología que las Juntas de Facultad estén a la altura de este momento histórico para la profesión de geólogo, y den un giro profesional a los Planes de Estudio creando el título de Ingeniero Geólogo, para lo cual los profesionales del ICOG no escatimaremos esfuerzos en esta ilusionante empresa.

Luis Eugenio Suárez Ordóñez
Geólogo. Abogado. Master en Ingeniería Geológica.

Historia «terrestre» de los meteoritos caídos en Cangas de Onís (Asturias) el 6 de diciembre de 1866

Carlos M. Escorza

Licenciado en CC. Geológicas. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.

Jorge Ordaz

Licenciado en CC. Geológicas. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo.

Luis Alcalá

Licenciado en CC. Geológicas. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.

El seguimiento de las piezas caídas en Cangas de Onís es un asunto complejo debido a la cantidad y amplia distribución que han tenido después de su llegada a la Tierra. Los datos y noticias que están relacionados con este meteorito forman ya un conjunto de acontecimientos que después de más de 130 años de su caída conviene actualizar en síntesis. También se recogen aquí los resultados más destacados referentes a las características que los estudios analíticos han concluido sobre su evolución cósmica.

Los meteoritos son testimonios del pasado remoto del Sistema Solar y han llegado hasta nosotros de la manera más barata posible: ellos mismos penetran en el campo de atracción de la Tierra después de recorrer durante millones de años incontables kilómetros en sus órbitas cósmicas. Los más pequeños se volatilizan a su paso por la atmósfera, los de mayor tamaño la atraviesan y caen a la superficie de nuestro planeta; muchos en el mar, otros en áreas continentales despobladas y sólo para una minoría de ellos se da la casualidad de que sean vistos en su impacto final, lo cual permite que sean recogidos. Así que puede parecer algo excepcional el hecho de que en 1866 este fenómeno sucediera en un área de la geografía española como Asturias, donde las condiciones climáticas y orográficas parecen ir en contra de que este tipo de fenómenos puedan ser detectados. Excepcionalidad que no es sólo aplicable a este suceso sino que también se ve incrementada por haber ocurrido otros dos más durante el mismo siglo, uno anterior, en 1856 en Oviedo, y otro posterior, en Muros de Pravia durante el año 1888.

El meteorito de Cangas de Onís se

clasificó por Meunier¹ como Mesminita, por analogía con el recogido en 1866 en Saint-Mesmin, o sea, como un oligosidereo (con hierro poco abundante), constituido por rocas poligénicas, con estructura brechiforme, mezcla de dos tipos litológicos principalmente: fragmentos blancos de montresita cementados por una pasta oscura de limerickita (Meunier, 1873). La densidad es de: 3,7044 g/cm³ (Figura 1).

Los análisis modales presentados por Williams et al. (1985) muestran que consiste en un 60 ± 5% en volumen de clastos angulosos, con tamaños mayores o iguales a 2 mm de tipo H6, y en 40 ± 5 % de matriz clástica con tamaños menores a 2 mm. Contiene olivino de tipo Fa₃₈ (Mason, 1963). Los olivinos (Fa₁₉) y piroxenos con bajo contenido de Ca (Fs₁₇Wo_{1.4}) son homogéneos tanto en la matriz como en los clastos. Sin embargo, en la matriz hay cóndrulos en un estado de recristalización menor que en los clastos, recordando la textura de las condritas tipo H5.

¹ Meunier propuso una tabla de clasificación 'taxonómica', es decir al estilo de las que se establecían en la determinación de una especie en el campo de la biología, con nombres propios que respondían a una secuencia de presencia o no de determinados minerales o estructuras.

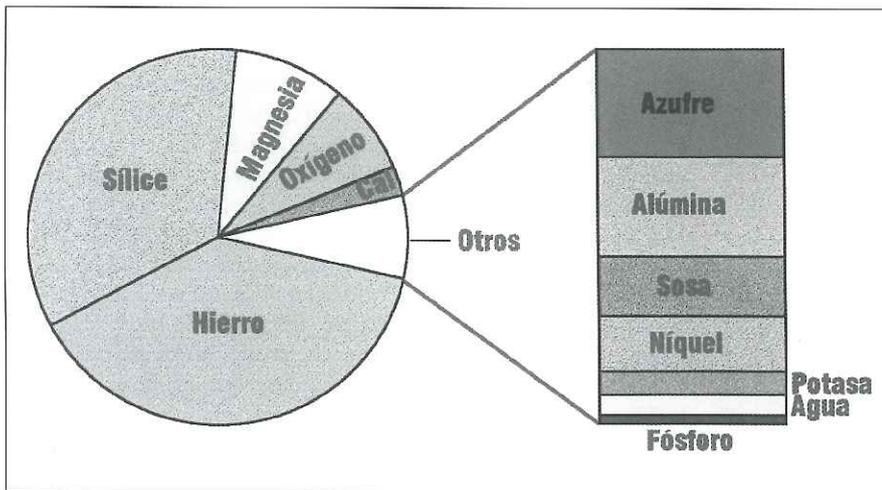


Figura 1. Distribución porcentual de la composición química del meteorito de Cangas de Onís, según los resultados y nomenclatura de Luanco (1874).

La edad de este meteorito, según refleja su contenido en U- Th-He, es de $2,17 \times 10^9$ años (Wasson & Wang, 1991).

Williams et al., (1985) proponen una sugestiva historia primigenia para el meteorito de Cangas de Onís: (1) un conjunto planetesimal de tipo H6 es enriquecido por otros aglomerados planetesimales tipo H3, H4 y H5, dando lugar a un cuerpo mayor diferenciado que se enfrió a distintas velocidades y profundidades; (2) este cuerpo después estuvo sometido a diferentes impactos de alta energía que provocaron una redistribución de su masa según el campo gravitatorio; (3) el material tipo H6 pudo llegar así desde diferentes profundidades hasta cerca de la superficie por diferentes fragmentaciones y reagrupamientos gravitacionales; (4) nuevos impactos redistribuyeron este material H6 por el regolito.

Se han figurado cuatro fotografías de la observación al microscopio de láminas transparentes, por Martínez Frías et al. (1989), donde se señalan fenómenos de poligonalización como probablemente debidos al propio impacto de caída en la Tierra (op. cit., lám. II-B).

A pesar de todos los cuidados y la buena disposición de la sociedad a mirar estas rocas como algo insólito y merecedoras de su permanente buena conservación, el devenir de los acontecimientos humanos altera por uno u otro motivo esta intención ideal. De tal manera que las piedras meteoríticas desde que caen a nuestro planeta se ven afectadas por las vicisitudes de la historia misma de los pueblos. Creemos que en este, como en otros casos, es conveniente reflejar estas circuns-

tancias para que en el futuro puedan ser conocidas. Así pues, con este trabajo pretendemos actualizar la información que se dispone sobre el suceso, sobre la localización y la variación de la ubicación de las muestras recogidas entonces y conocer lo que queda de esas piedras caídas en Cangas de Onís hace más de 130 años.

Clasificaciones

A lo largo del tiempo los meteoritos, sobre todo los caídos en siglos pasados, han tenido distintas denominaciones según las clasificaciones que en cada momento se han aceptado como más modernas. Algunos de los nuevos datos que iban recogiendo aportaban criterios más precisos, así que no es extraño encontrar variaciones en la nomenclatura y en las agrupación que de forma progresiva se hacen para estas rocas. En nuestro caso, el meteorito de Cangas de Onís ha sido clasificado como: oligosidereo, poligénico, brechiforme: Mesminita (Meunier, 1873); litito, tipo *cañelita* (Fernández Navarro, 1923); siderolito típico (Llarena, 1938); esporosidereo oligosidereo (Pérez Mateos, 1954); condrita gris brechoide (Pokrzywnicki, 1964); condrita gris, brechificada polimítica (Horback y Olsen, 1965); condrita gris, brechificada (Tucek, 1968); condrita olivínico-bronzítica H5 (Hoppe, 1975); condrita rica en olivino y bronzita, H5 (Graham et al. 1985); brecha regolítica condritica, H (Williams et al. 1985); condrita rica en olivino y bronzita (Martínez et al. 1988); regolito brechificado, H5 (Brearly, 1997).

Tiempo y lugar de los hechos

La mañana del 6 de diciembre de 1866 estaba lúcida y soleada en Asturias; en Oviedo a las 9 de mañana la presión atmosférica era de 746,77 mm, la temperatura de 7°C y la humedad relativa del 95% (Luanco, 1874). Entre las diez y media y las once horas², los habitantes de Cangas de Onís y de las aldeas circundantes en un radio de 2 a 4 km oyeron un ruido proveniente del cielo parecido 'al de una locomotora'. Los que pudieron dirigir su mirada al cielo vieron con toda nitidez cómo una nube blanquecina se venía rápidamente hacia ellos desde el Norte, 'arrojando chispas', es decir fragmentos del meteorito principal, que cayeron al suelo. Las que impactaron cerca de lugares habitados fueron recogidas y algunas de ellas estaban todavía calientes.

Aunque el fenómeno fue observado por numerosas personas, no hay noticias fidedignas sobre los datos de su trayectoria durante su paso por la atmósfera. Según las observaciones que pudo recoger Manuel González Rubín, entonces farmacéutico de Cangas de Onís, el meteorito marchaba de Norte a Sur y el ruido se oyó más intensamente en varios puntos distantes de Cangas que en la propia villa; él mismo dice no haber oído nada desde el interior de su farmacia, donde en esos momentos se encontraba (Figura 2).

Manuel González Rubín se interesó de una manera especial por este suceso y fue a diversos lugares de la región para recoger información y material. A través del seguimiento que hizo es posible saber que cayeron diversas piezas en Olicio, Villa, Parda, Hortigosa y Canaliegos, lugares todos ellos pertenecientes a la parroquia de San Martín de Margolles. En estas villas diversos vecinos habían recogido pequeños ejemplares 'el que más de un cuarterón' hasta un total de 16 (carta de 20 de diciembre de 1866, en: Luanco, 1874, p. 90) con pesos entre 920 y 115 g. que González Rubín pensaba enviar a León Salmean, catedrático

² Es curioso señalar que el mismo comunicante, M. González Rubín, señale como hora las 11 horas en su carta del 11 de enero de 1867, y las 10:30 horas en la carta de 5 de noviembre de 1872 (En: Luanco, 1874, p. 91 y 93), lo cual quizá provoca que Luanco no sepa bien a qué dato quedarse y escriba 'a las diez y media... poco más o menos'.

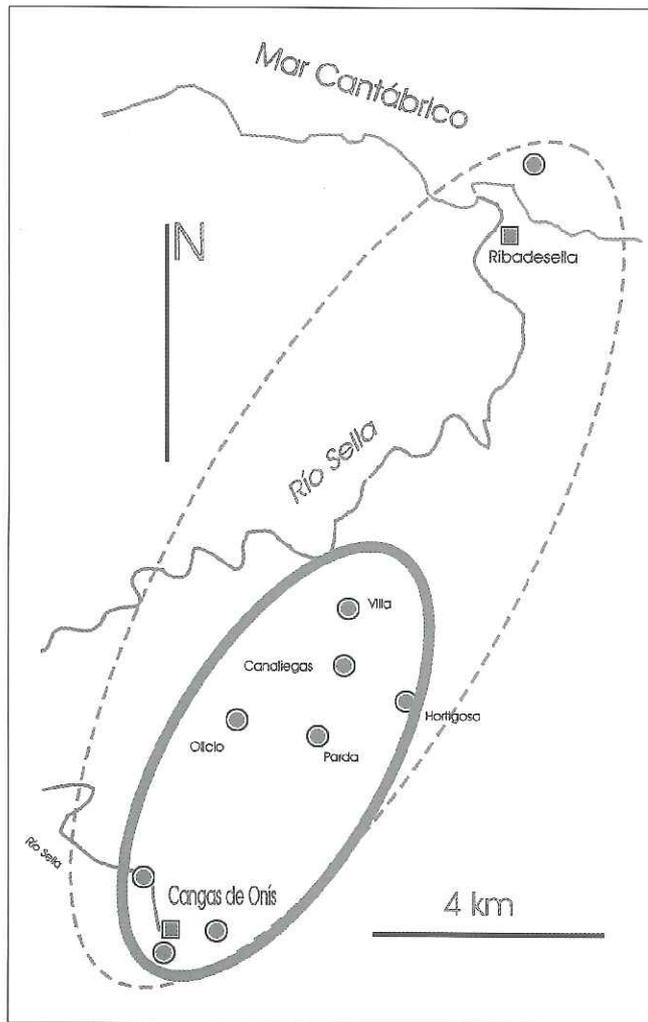


Figura 2. Mapa de la distribución de las caídas de fragmentos localizados. La elipse pequeña engloba, en una interpretación menos arriesgada, los lugares en los que se tiene certeza de haber caído meteoritos. La elipse más grande abarca una región mayor y recoge los lugares anteriores más los puntos en los que se dijo haber visto caer meteoritos; en el mar, 'frente a Ribadesella' según Cortés (en Luanco, 1874, p. 88). Ambas elipses señalan, y parecen confirmar algunas de las observaciones que entonces se hicieron, que la trayectoria fue casi norte-sur y en ese sentido de marcha.

co de Historia Natural de la Universidad de Oviedo, por medio de su hijo Pío, estudiante en dicha universidad. Una de las piezas recogidas era 'del tamaño de una naranja' y había tronchado una rama gruesa de higuera (en: Luanco, 1874, p. 94).

Al tenerse noticia del suceso en Oviedo, Salmean, entonces también Rector de la Universidad, escribió a sus amigos y vecinos de Cangas de Onís: Antonio Cortés, el citado farmacéutico y su hermano José González Rubín, pidiéndoles datos sobre lo acaecido. Los informes que le remitieron fueron acompañados por algunos ejemplares del meteorito.

ba aún caliente cuando fue recogido en la Riega de San Antonio y todavía permanecía caliente cuando fue reconocido por González Rubín. Pesaba 24,5 libras, o sea 11.270 g y no se pudo evitar que, por la curiosidad despertada por el fenómeno, fuera a su vez fraccionado a golpes de martillo en trozos, quedando la pieza en 10.812 g. Su forma es oval, con 255 mm de diámetro mayor y 163 mm en la dimensión menor, presenta en la superficie una costra externa sembrada de granos metálicos y huellas en canales (remaglictos) debidas al rozamiento y erosión por el calor de fricción durante la entrada y paso por la atmósfera terrestre. Un trozo

Material

La caída fue múltiple y es uno de los sucesos de este tipo ocurridos en España en los que se ha podido confirmar la recogida de un notable número de fragmentos. En carta de 4 de noviembre de 1872 dirigida a Luanco indica que el total de piezas recogidas hasta entonces había sido de 36 que significa, si no hay error tipográfico, que durante los siguientes seis años desde que cayó el meteorito había encontrado veinte piezas más.

A continuación se describen los especímenes que se pueden llegar a diferenciar por los escritos dejados:

CdO-1: Es el mayor de los fragmentos que se encontraron, cayó junto a un arroyo muy cerca de las que entonces eran las últimas casas de Cangas de Onís. Al impactar sobre una roca de arenisca dejó en ella una huella negra. Esta-

de este ejemplar, que pesaba 4 onzas, lo tenía el farmacéutico González Rubín y fue entregado por su hijo Pío a Salmean (González Rubín, 1866; en: Luanco, 1874). La masa principal de este meteorito fue entregada al Alcalde de Cangas de Onís quien el sábado 15 de diciembre de 1866 lo envió a Oviedo para el Gobernador de Asturias (Cortés, carta de 20 de diciembre de 1866, en: Luanco, 1874, p. 90); éste a su vez lo entregó al Rector de la Universidad 'para que lo colocase en el Gabinete de Historia Natural' que es donde se encontraba en 1873 (Luanco, 1874).

En el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN) no hay referencia de esta pieza hasta que se cita como de su pertenencia en el Catálogo de Fernández Navarro (1923). En la actualidad se encuentra en el MNCN, pesa 10.500 g y sus medidas son 19 x 19 x 18 cm (Figura 3).

CdO-2: Cayó en un caserío cercano a Cangas de Onís y fue adquirido por Benito Carriedo, de la misma villa, quien se lo regaló al abogado y escritor José Melendreras, de Oviedo, que a su vez lo depositó 'condicionalmente' en el Gabinete de Historia Natural de esa ciudad, institución universitaria creada en 1846 y que, precisamente en los años de la caída del meteorito, estaba pasando una etapa de cierto letargo (Martínez Álvarez y Ordaz, 1981).

Esta pieza es la segunda en tamaño, pesó 11 libras, (unos 5.000 g). Con un peso de 4.600 g y ubicado en Oviedo debe de ser el mencionado en un manuscrito de Fernández Navarro en 1923 (Archivo, MNCN). También en su parte exterior está recubierto por una costra negra con remaglictos, con granos metálicos y a decir de Luanco (1874): 'es el ejemplar más perfecto y acabado de todos los recogidos'.

También, y como curiosidad, Antonio Cortés señala (en Luanco, 1874, p. 88) que en este meteorito 'se nota la rareza de tener un 6 de relieve perfectamente marcado de una pulgada escasa de largo: como fue el día 6 el día en que cayeron dio mucho que hablar a los milagrosos'.

Esta pieza, junto con CdO-1 y probablemente otras³, ha padecido una se-

³ Canella (1903, p: 217) menciona, sin precisar el número, la existencia en la Universidad de Oviedo de 'magníficos aerolitos, recogidos en 1866, en el momento de su descensión, muy notables por su magnitud y peso'.

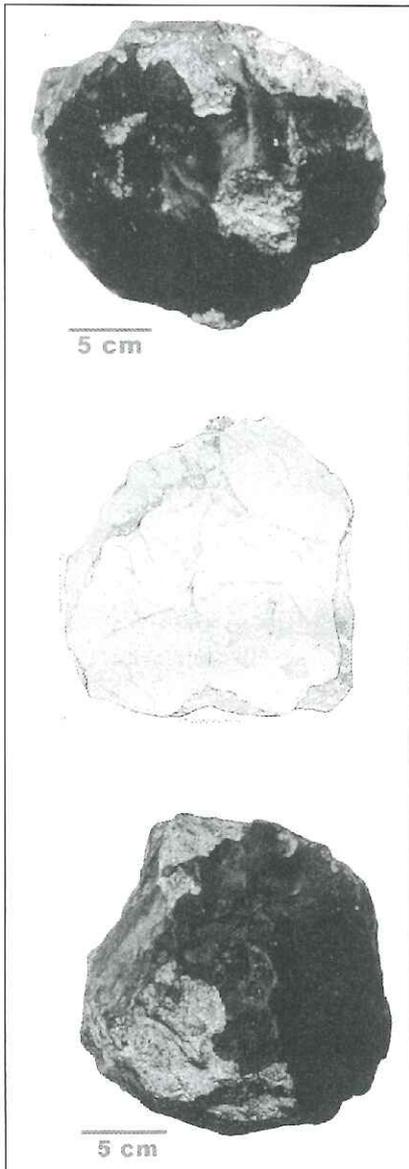


Figura 3. Meteorito que fue recogido en Cangas de Onís, CdO-1, según fotografía actual. A su lado se ha colocado el dibujo realizado entre 1866 y 1874 por el profesor Romea, de la Escuela de Bellas Artes de Oviedo (*Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 3, 1874; fig. 1). Conservado en el MNCN.

rie de circunstancias, alguna de las cuales ahora son conocidas. En efecto, el ejemplar fue depositado por Melendreras en el Gabinete de Historia Natural de Oviedo donde permaneció expuesto muchos años, junto al resto de la colección de minerales, en el ala norte del edificio histórico de la Universidad de Oviedo. Ese pabellón se incendió a consecuencia de hechos relacionados con la revolución de octubre de 1934, perdiéndose la mayor parte de los fondos que allí se hallaban.

Daños a los que hay que sumar los originados en el transcurso de la Guerra Civil (1936-39), que acabaron por destruir, exiliar y dispersar lo poco que aún quedaba de dicho Gabinete (Martínez y Lastra, 1978).

Durante la década de 1950, ocupando la cátedra de Geología de la Universidad de Oviedo el profesor Noel Llopis Lladó, se recibió una carta de la Academia de Ciencias de Moscú interesándose por el meteorito de Cangas de Onís. Llopis inmediatamente inició un seguimiento del mismo que le llevó a encontrar el ejemplar entre los restos almacenados en un desván del viejo edificio de la Universidad. A partir de ese momento esta pieza, que se encontraba ya en un delicado estado de conservación, pasó a formar parte del Museo de Rocas, Minerales y Fósiles que el propio Llopis Lladó había comenzado a organizar en el seno del Instituto de Geología Aplicada, organismo por él promovido dentro del marco de la Universidad y el CSIC. En 1958, coincidiendo con la creación en la Facultad de Oviedo de la Sección de Ciencias Geológicas, dicho Museo es trasladado al inmueble de nueva planta situado en la avenida de Calvo Sotelo (Arribas Jimeno, 1984). En 1960 Llopis Lladó se traslada a la Universidad de Madrid y el mencionado Museo es desmantelado, pasando sus colecciones a los Departamentos entonces existentes en la Sección de Geológicas. El departamento de Petrología y Geoquímica se convierte en el depositario de este ya famoso fragmento de aerolito. En 1969 se inaugura en Oviedo el nuevo edificio de las Secciones de Biológicas y Geológicas, en la calle Jesús Arias de Velasco, así que el ejemplar es trasladado de nuevo. En 1982 la Sección de Geológicas se transforma en Facultad de Geología de la que pasa a depender el meteorito. Desde entonces se encuentra depositado en el Área de Conocimiento de Petrología y Geoquímica con un peso de 3.278 g y unas dimensiones de 16 x 13 x 8 cm. La pieza está incompleta, notándose que falta material (Figura 4).

CdO-3: Sabemos por las cartas de José González Rubín, hermano del ya citado farmacéutico, y de Antonio Cortés, que hubo una pieza de 8 a 10 libras (entre 3,6 y 4,5 kg.) que fue recogida por José González Cuevas con la intención de enviarla a Salmean para que

la destinara al Gabinete de Historia Natural de la Universidad de Oviedo. Dicho envío se hizo antes del 20 de diciembre de 1866 (Cortés, con esa fecha, en: Luanco, 1874, p. 90). Ahora se desconoce su paradero.

CdO-4: Es el ejemplar que pesó más de 3 kg con forma irregular, que llegó a manos del entonces Gobernador de Asturias el cual lo regaló a la Universidad de Sevilla. En un manuscrito sin fecha (¿1922?) está anotado que en Sevilla hay una pieza de 3.000 g (Archivo, MNCN). Barreiro (1992, p. 311) indica que en ese año se incorpora al MNCN un aerolito de más de 3 kg caído en 'Holgueras, Cangas de Onís (Asturias)', existente hasta entonces en la Universidad de Sevilla, con la autorización de Seraffín Sanz y Ayud, catedrático de dicha Universidad. Sin embargo en el Libro de Registro (Sign.: 0239/03, Archivo, MNCN) ni en ese año ni otro se recoge esta entrada procedente de Sevilla, por lo que cabe deducir que el MNCN estaba en contacto con el mencionado catedrático de Sevilla y considerar esa frase de Barreiro como una intención o un hecho que se supuso entonces inminente pero que en la realidad ese envío nunca llegó a producirse por causas que hasta ahora nos son desconocidas. Actualmente este meteorito se encuentra en el Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla, según comunicación de su Vicerrector J. M. Vega Piqueres, en junio de 1998.

CdO-5: Procede de los diez que consiguió reunir Salomín, Magistrado de la Audiencia de Oviedo, Pesaba más de 700 g. En 1874, según Luanco, ya no se había podido localizar su paradero.

CdO-6: Protasio González Solís, director de 'El Faro Asturiano', adquirió un fragmento de un ejemplar 'cuyo volumen debía ser más que doble' (Luanco, 1874) con peso de 465,5 g del cual se tomaron las muestras necesarias para los análisis realizados por José Ramón Fernández Luanco. El sobrante se depositó en el MNCN. Debe ser el que consta como del MNCN en el Catálogo de Fernández Navarro (1923) con un peso de 422 g. Ahora se encuentra en paradero desconocido.

CdO-7: Corresponde al ejemplar 'casi único' que el capitán Fernando Echaburu envió a su hermano Luis, vecino de Oviedo, que finalmente lo re-

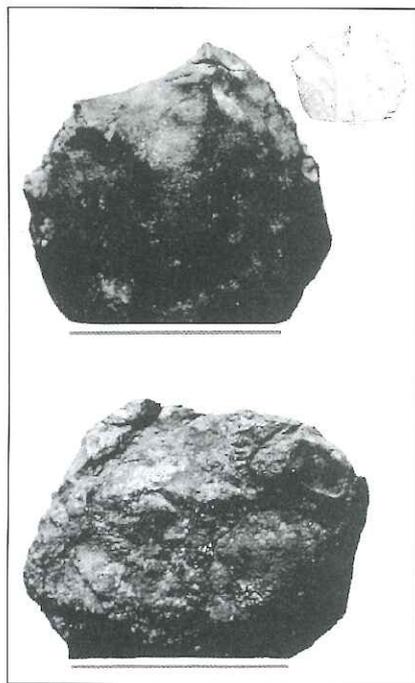


Figura 4. Fotografía actual (anverso y reverso) del ejemplar CdO-2, depositado en la Facultad de Geología de la Universidad de Oviedo. En los dos casos la barra de escala tiene una longitud de 10 cm. Al lado de una de las piezas se ha colocado reducido el dibujo realizado por Romea entre 1866 y 1874 y publicado en los *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 3, (1874).

galó al Instituto de Enseñanza Media de Gijón (Junquera Huergo, 9 de noviembre de 1872, en: Luanco, 1874, p. 95). Pesaba 148 g.

CdO-8: Es el otro ejemplar de 120 g que debe de corresponder al que González Rubín envió a Jovellanos, entonces director del Instituto de Enseñanza Media de Gijón. Este y el ejemplar CdO-7 parece que se perdieron a consecuencia de la Guerra Civil de 1936-39.

CdO-9: También procede de los diez que consiguió reunir Salomín, Magistrado de la Audiencia de Oviedo. Lo envió al profesor Sangrador, de la Universidad de Valladolid. Según carta manuscrita (¿de Fernández Navarro?) a Bartolomé, con fecha 18 de febrero de 1923, se menciona en Valladolid una masa de este meteorito de 700 g (Archivo, MNCN). En 1925 el MNCN, según Barreiro (1992, p. 328), permuta 'un fragmento del meteorito de Olivenza a cambio de otro de Cangas de Onís', pero lo cierto es que en el libro de registros de esa época (Libro, C239/05, Archivo, MNCN) no hay ninguna entrada de ese ni de otros

años de meteorito procedente de Valladolid, por lo que debemos suponer que de nuevo Barreiro escribe lo que quizá pensaba había ocurrido ante las comunicaciones que posiblemente se habían mantenido entre ambas instituciones hubieran dado sus resultados, pero como sucede con el de Sevilla lo que se puede decir es que esa pieza, según los libros de registro consultados, no llegó al MNCN. Así que se debe suponer que la pieza se encuentra actualmente en Valladolid pero de ello no se ha podido conseguir confirmación.

CdO-10: Es uno de los ejemplares que el farmacéutico González Rubín envió al rector Salmean. Este dio un ejemplar a su amigo José Elorza, General de Artillería, el cual a su vez lo remitió a Alemania⁴ (Luanco, 1874, p. 73). Ahora está en lugar desconocido.

CdO-11: De los ejemplares que el farmacéutico Manuel González Rubín envió al rector Salmean, éste envió uno a la Real Academia de Ciencias de Madrid. Dicha institución acordó, el 31 de enero de 1870, traspasar al MNCN los meteoritos que poseía, entre los cuales se encontraba el citado de Cangas de Onís (Barreiro, 1944: p. 317-318), traslado que fue efectivo el 26 de marzo de 1870 (Archivo, MNCN). El ejemplar consta con un peso de 403 g. Como perteneciente al MNCN está citado por Gredilla y Gauna (1886; 1892). Y consta en los Catálogos del MNCN de 1906 y 1918 (Archivo, MNCN) con ese mismo peso. Actualmente se encuentra en paradero desconocido.

CdO-12: De los ejemplares que el farmacéutico González Rubín remitió al rector Salmean, éste envió un ejemplar que pesaba 304 g. a la Universidad de Santiago (Luanco, 1874, p. 73). Este ejemplar se encuentra actualmente en el Museo de Historia Natural 'Luis Iglesias' de la Universidad de Santiago de Compostela, donde consta efectivamente como remitido entonces por León Salmean. Su estado de conservación es 'perfecto'. Sus dimensiones son de 5,8 x 4,9 x 4,7 cm y su peso 296,04 g. (García Paz, com. pers. 1998) (Figura 5).

⁴ El día 7 de enero de 1867 Manuel González Rubín envió al rector Salmean dos aerolitos, quizá pudieron ser los aquí denominados como CdO-11 y CdO-12.

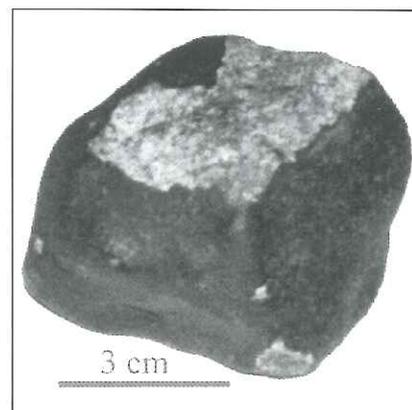


Figura 5. Fotografía del ejemplar del meteorito CdO-12 de Cangas de Onís existente en el Museo de la Universidad de Santiago de Compostela.

CdO-13 y CdO-14. Por su parte, González Rubín mandó dos ejemplares a Manuel Rioz de la Pedraja, catedrático de Farmacia de la Universidad de Madrid (González Rubín, 7 de enero de 1867, en: Luanco, 1874, p. 91). Actualmente en paraderos desconocidos.

CdO-15: González Rubín envió un ejemplar a Brasa secretario de la Audiencia de Oviedo. Se desconoce su paradero.

CdO-16: González Rubín regaló un ejemplar a Monreal, ingeniero de minas. Se desconoce dónde puede estar ahora.

CdO-17: González Rubín regaló un ejemplar a Bros, promotor fiscal de Laviana. Ahora en lugar desconocido.

CdO-18 y CdO-19: Cayeron al río pero no se encontraron (Cortés, 10 de diciembre y 20 de diciembre de 1866, en: Luanco, 1874, p. 88 y 90). Ahora en lugar desconocido, probablemente en el mismo río Sella.

CdO-20: pieza que con peso de 3.627 g. ofrece Fernández Navarro para intercambio del MNCN y que describe como poliédrica, irregular, con corteza en casi toda la superficie y medidas de 14 x 12 x 11 cm (Archivo, MNCN). Consta con ese peso en su Catálogo (Fernández Navarro, 1923) como perteneciente al MNCN, señalando que proviene por cambio con la Universidad de Sevilla: ¿es el CdO-4?, ¿es otra pieza que había en Sevilla?, la confusión en este material queda expuesta pero seguramente serán necesarios más datos hasta poner orden en todo el conjunto. A partir de esa fecha ya se pierde su referencia. Ahora se desconoce su paradero.

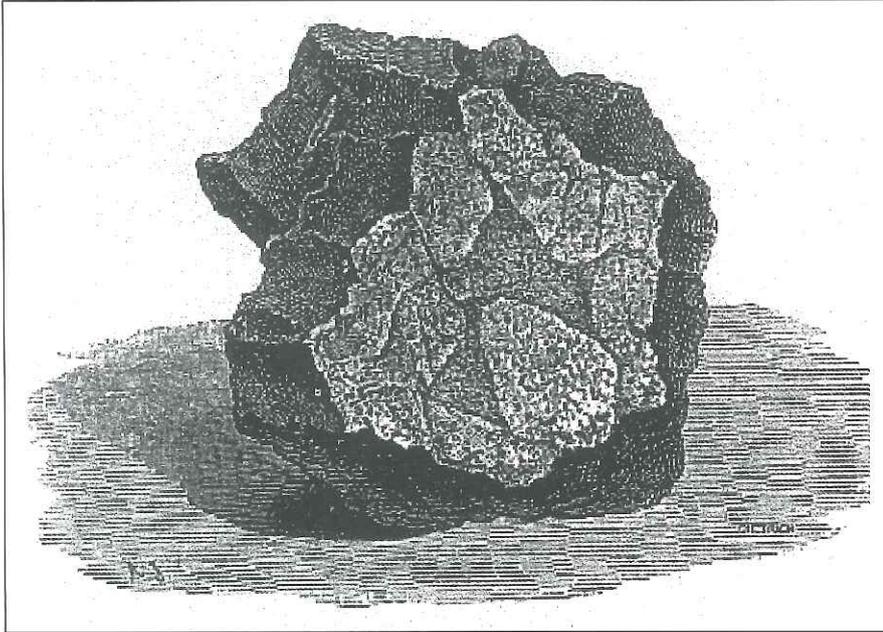


Figura 6. Litografía publicada por Meunier (1873) de uno de los fragmentos del meteorito de Cangas de Onís.

Además, otras personas debieron recoger otra serie de fragmentos en número y cantidad desconocidas. También se dice que pudo haber caído algún fragmento en el mar, frente a Ribadesella (Cortés, 10 de diciembre de 1866; en Luanco, 1874, p. 88). Incluso se da noticia de que en el río Sella había caído un meteorito que 'dicen parecía un hombre que bajaba dando vueltas por el aire' (M. González Rubín, 11 de enero de 1867, en: Luanco, 1874, p. 92).

Paluzié Borrell (1951) menciona que de todos los caídos sólo se conservaban entonces 18 ejemplares, con un peso total de 22.509 g. De la relación anteriormente expuesta se obtienen unas cifras totales que varían entre los 29.837 g. que al menos se sabe fueron recogidos y los 17.774,04 g.

Distribución del material

Haciendo uso de la lectura tanto del material de Archivo como de los Catálogos publicados y de los datos insertados en Internet, han sido actualizadas de manera notable las anteriores reseñas de la distribución de piezas y fragmentos del meteorito de Cangas de Onís.

Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid:

El CdO-11 es una pieza de 403 g. (Gredilla y Gauna, 1886; 1892; Catálogo Manuscrito de 1906 y 1918, Ar-

chivo, MNCN). Procedencia: M. González Rubín, Salmean, Real Academia de Ciencias de Madrid, MNCN.

Según las referencias citadas, esta habría sido la única pieza de Cangas de Onís existente en el MNCN hasta 1918, aunque esta conclusión está en contradicción con el dato de que el 21 de abril de 1903 consta una salida del MNCN de 53,65 g. del meteorito de Cangas de Onís por intercambio (Libro, 0239/03). No hay indicación acerca de si se trata de un fragmento o una pieza entera. Tampoco se indica su destino, pero su peso coincide prácticamente con una de las existentes en el Fieldiana Museo de Historia Natural, en Chicago.

En su Catálogo de 1923 Fernández Navarro indica que en el MNCN había tres fragmentos con los siguientes pesos: 10.812 g., 3.627 g. y 422 g., es decir un total de 14.861 g. En la relación de Prior (1927) se indica que el MNCN tiene un total de 14.800 g., cifra que es el redondeo del mencionado total.

La lectura de lo que dice Pérez Mateos (1954) al referirse a este meteorito introduce una doble confusión, dice: 'Peso total de los cuatro fragmentos que se conservan en el Museo de Madrid, 10,633 kilogramos'. La cifra en cuanto al peso debe ser errónea ya que sólo el del ejemplar CdO-1, la superaba con sus 10.812 g.; y al decir que existían cuatro ¿podían ser CdO-1, CdO-6, CdO-11 y CdO-20? los tres

últimos parece que en esas fechas ya se desconocía su paradero ¿estaban realmente en el MNCN? Si hubiera habido en 1954 cuatro ejemplares suponemos que serían los citados, pero los pesos no se corresponden. Si no hay errata en cuanto al número, entonces se pierde la pista después de 1954 de los ejemplares CdO-6, CdO-11 y CdO-20.

En un documento de la Colección de Meteoritos del MNCN consta que en mayo de 1985 en virtud del Convenio de Cooperación Científica entre el MNCN y las universidades de New Mexico y Houston se llevaron a USA 37,8 g. siendo devuelta a cambio una lámina delgada.

En el catálogo más moderno de Graham et al (1985) se indica la cifra de 14,8 kg, que debemos suponer es la tomada de Prior (1927) antes mencionado.

En la revisión efectuada por King et al. (1986) la cifra que se presenta como existente en el MNCN es de 10.500 g. en una sola pieza. Y la misma cantidad se indica en Martínez Frías et al. (1989), que coincide asimismo con la actual que figura en la Base de Datos de la Colección de meteoritos del MNCN.

Universidad de Oviedo: Dos ejemplares de 10.812 g. y 4.600 g. (Faura y Sans, 1922); 15.000 g. (Graham et al. 1985).

Actualmente sólo el CdO-2 se encuentra en el Área de Conocimiento de Petrología y Geoquímica de la Facultad de Ciencias, su peso es de 3.278 g. y sus dimensiones 16 x 13 x 8 cm.

Universidad de Valladolid: 700 g. (Faura y Sans, 1922). Para detalles ver pieza: CdO-9.

Universidad de Santiago de Compostela, Museo de Historia Natural 'Pablo Iglesias': 304 g (Faura y Sans, 1922,c). Actualmente en dicha institución se encuentra la pieza que aquí se ha denominado como CdO-12, con 296,04 g. y dimensiones de 5,8 x 4,9 x 4,7 cm (com. pers. de su directora C. García Paz).

Universidad de Sevilla: un ejemplar de 3.000 g. (Faura y Sans, 1922; Graham et al. 1985).

Museo Nacional de Historia Natural, París: 1.470 g (Graham et al. 1985); 1.897,004 g (Web: www. mnhn.fr, 1998). Provenientes de: D'Aguias; Salomín; Colección de Lacroix y de la Colección Vésignié que los dona en 1969 (Figura 6).

Departamento de Mineralogía, Universidad de Wrocław (Polonia): 1 g (Pokrzywnicki, 1964)

Museo Nacional, Praga: 28 g. (Tucek, 1968). Fragmento de forma triangular, formaba parte del interior de un ejemplar. Dimensiones: 49 x 33 x 17 cm.

Museo de Historia Natural, Londres: Dos fragmentos: 204 g + 89 g. (Graham et al. 1985). El de 204 g. ya estaba allí en 1925 (Prior, 1927).

Museo de la Universidad, Bonn: 16,4 g (Faura y Sans, 1922).

Museo de Mineralogía, Universidad de Roma: desde 1973, 1,1 g (Web: musmin.uniroma1.it/meteor).

Observatorio del Vaticano, Castel Gandolfo: Dos fragmentos: 46 g + 12 g. (Salvatori et al. 1984).

Museo Imperial, Viena: 114 g (Faura y Sans, 1922); ¿? (Pérez Mateos, 1954).

Museo de Historia Natural, Budapest: 132 g (Graham et al. 1985).

Museo de Dresde: 74 g (Faura y Sans, 1922,c); Hoppe, 1975).

Museo de Berlín: 4 g (Hoppe, 1975).

Geo Greifswald: 55 g (Hoppe, 1975).

Fieldiana Museo de Historia Natural, Chicago: Dos fragmentos: 53,5 g + 40,8 g (Horback & Olsen, 1965)

Instituto de Meteoritos, Universidad de Nuevo México: Seis fragmentos y 3 láminas delgadas: 32 g + 19 g + 14,62 g + 5,4 g + 5 g + 4,8 g (Brearly, 1997).

Museo Nacional de Historia Natural, Washington: Según Prior (1927) este centro poseía entonces 1.000 g, pero o se ha actualizado su peso o adquirió después nuevas piezas, pues Graham et al. (1985) indican que tiene 1.103 g.

Museo Americano de Historia Natural, Nueva York: 3,1 g (Web: <http://research.amnh.org/earthplan/collects.htm>).

Universidad de Harvard: 731 g (Graham et al. 1985).

Colección Ward Coonley, Chicago: 54 g (Faura y Sans, 1922).

Universidad Cristiana de Texas: dos piezas de 228 g + 72,9 g (Web: geowww.geo.tcu.edu/moning.html).

El total de piezas reseñadas en este apartado suma un total de 22.814,66 g, valor que, salvo pérdidas no controladas u error, se puede decir que es la cantidad de material de este meteorito que se conserva en distintas instituciones de diversos países.

Conclusión

En general, las rocas meteoríticas que no son recogidas por el hombre se ven sometidas a los inevitables procesos naturales que harán que se incorporen a los depósitos que se estén formando en al área de caída o bien sean fraccionados y degradados por los fenómenos de transporte, erosión, etc a que ineludiblemente se verán afectados nada más llegar al suelo. La historia de las piezas meteoríticas que cayeron en las proximidades de Cangas de Onís en diciembre de 1866 son un buen ejemplo para mostrar que además de en aquéllos, estas rocas se ven involucradas en sucesos históricos que, como en muchas otras causas, ofrecen dos facetas opuestas ya que es responsabilidad del hombre su desaparición y también de su conservación.

A los largo de estos más de 130 años de estar entre nosotros hemos, quizá por ahora, perdido el control de al menos un 23 % de la masa que entonces pudo recogerse.

Referencias bibliográficas

- Archivo, MNCN. *Documentos sobre Meteoritos*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- Arribas Jimeno, S. (1984): *La facultad de Ciencias de la Universidad de Oviedo (estudio histórico)*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Oviedo. 791 pp.
- Barreiro, A. J. (1944): *El Museo Nacional de Ciencias Naturales. (1771-1900)*. Madrid. 381 pp.
- Barreiro, A. J. (1992): *El Museo Nacional de Ciencias Naturales (1771-1935)*. MNCN. Doce Calles. 509 págs.
- Canella Secades, F. (1903): *Historia de la Universidad de Oviedo y noticias de los establecimientos de enseñanza del distrito*. Imp. Flórez, Gusano y Cia. Oviedo. 791 pp.
- Díaz, F. (1925): *Memoria correspondiente a 1925 de la Colección de Mineralogía del MNCN*. Archivo. Museo nacional de Ciencias Naturales.
- Faura y Sans, M. (1922): Meteoritos caídos en la península ibérica. *Ibérica*, 27, 314-318.
- Fernández Navarro, L. (1923): Los meteoritos del Museo de Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 23, 224-233.
- Graham, A. L. et al (1985). *Catalogue of Meteorites*. British Museum (Natural History). 460 pp.
- Gredilla y Gauna, A. F. (1886): Noticia sobre los meteoritos que existen en algunos Museos y lista de los que hay en el de Madrid. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural. Actas*, 15, 41-45. Madrid.
- Gredilla y Gauna, A. F. (1892): *Estudio sobre los meteoritos*. Escuela Tipográfica del Hospicio. Madrid. 128 pp.

Hoppe, G. (1975): Gesamtkatalog der in der Deutschen Demokratischen Republik vorhandenen Meteorite. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-Nat. R.* XXIV, 521-564.

Horback, H. and Olsen, E. J. (1965): Catalog of the collection of meteorites in Chicago Natural History Museum. *Fieldiana: Geology*, 15, 3, 175-319. Chicago.

King, E. A.; San Miguel, A.; Casanova, I. y Keil, K. (1986): Inventory of the meteorite collection of the Museo Nacional de Ciencia Naturales, C.S.I.C., Madrid, Spain. *Meteoritics*, 21, 2, 193-197.

Llarena, J. G. de (1938): Meteor-Fälle auf der Pyrenäen-Halbinsel. *Natur und Volk*, 68, 1, 8-15.

Luanco, J. R. (1874): Descripción y análisis de los aerolitos que cayeron en el distrito de Cangas de Onís (Asturias). *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 3, 69-95. + Lám. IX.

Martínez Álvarez, J. L. y Ordaz, J. (1981): Algunos datos sobre el antiguo Gabinete de Historia Natural de la Universidad de Oviedo. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Actas)*, 79, 26-30. Madrid.

Martínez Frías, J.; García Guinea, J. y Benito García, R. (1989): Los meteoritos. *Mundo Científico*, 93, 742-749.

Martínez, J. L. y Lastra, C. (1978): Historia de las enseñanzas de las Ciencias Biológicas en la Universidad de Oviedo (hasta 1968). *Revista de la Facultad de Ciencias*, 17-18 y 19, 1-36. Oviedo.

Mason, B. (1963): Olivine composition in chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 27, 10, 1011-1023.

Meunier, S. (1873): Les pierres qui tombent du ciel. *La Nature*, 1, 403-408.

Paluzie Borrell, A. (1951): Meteoritos españoles. *Urania*, 225, 1-24.

Pérez Mateos, J. (1954): Revisión, por análisis espectroquímico, del estudio de los meteoritos españoles que se conservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 52, 97-119.

Pokrzywnicki, J. (1964): Catalogue of meteorites in the polish collections (May 1st, 1964). *Studia Geologica Polonica*, 15, 149-176. Warszawa.

Prior, G. T. (1927): *Appendix to the catalogue of meteorites with special reference to those represented in the collection of the British Museum (Natural History)*. British Museum. London. 48 p.

Salvatori, R.; Maras, A. and King, E. A. (1984): Inventory of the Vatican meteorite collection. *Meteoritics*, 19, 3, 161-172.

Tucek, K. (1968): *Catalogue of the collection of meteorites of the National Museum in Praga*.

Wason, J. T. and Wang, S. (1991): The histories of ordinary chondrite parent bodies: U, Th-He age distributions. *Meteoritics*, 26, 161-167.

Williams, C. V.; Rubín, D. E.; Keil, K. and San Miguel, A. (1985): Petrology of the Cangas de Onís and Nulles regolith breccias: implications for parent body history. *Meteoritics*, 20, 2, 331-345.

Agradecimientos.

A Carlota García Paz, Directora del Museo de Historia Natural 'Luis Iglesias' de la Universidad de Santiago de Compostela.

Centenario del nacimiento de Francisco Hernández-Pacheco

1899-1976

José Luis Barrera Morate

Geólogo. Dpto. de Petrología. Facultad de C.C. Geológicas. UCM.

Hace ahora 100 años, un 16 de febrero, nació en Valladolid Francisco Hernández-Pacheco, hijo del insigne geólogo Eduardo Hernández-Pacheco y Estevan y de María de la Cuesta y Catalán. En el ambiente regeneracionista de comienzos del siglo XX, practicado por muchos naturalistas de la época, se desarrolló también el entorno familiar de los Hernández-Pacheco, y fue la guía intelectual en la que creció y se formó Francisco.

Cuando nació Francisco Hernández-Pacheco, España vivía las convulsiones del desastre militar del 98, y las corrientes regeneracionistas, encabezadas por Joaquín Costa, criticaban duramente el sistema político y social que llevó a la catástrofe. La situación era parecida a la que se había vivido con la crisis del 75 que, en el campo educativo, dio origen a la creación de la Institución Libre de Enseñanza. Ya entonces, algunos geólogos e ingenieros de minas, como Salvador Calderón o Lucas Mallada, respectivamente, intentaban dignificar la acción de la clase política para encaminarla al bien común y no al beneficio de los intereses políticos de la oligarquía.

La familia Hernández-Pacheco es el único caso en la Historia de la Geología española donde tres generaciones consecutivas se han dedicado a la docencia e investigación geológica: primero Eduardo (Fig. 1), luego Francisco y, por último, Alfredo. Los tres han sido catedráticos de la Universidad de Madrid, y los tres han contribuido a la literatura geológica española con gran cantidad de artículos científicos. Francisco representa la etapa científica de transición entre la visión del geólogo-naturalista global que observaba la naturaleza en su conjunto, propia del siglo XIX, y la etapa de especialización geológica y de cuantificación que practica la sociedad científica actual y cuyo representante familiar es Alfredo. Para Francisco, su padre fue algo más

que su progenitor. Fue su referente continuo de la vida intelectual española y del mundo geológico de la investigación, además de un consejero y maestro en su carrera profesional. Su trayectoria estuvo llena de influencias positivas de su padre en el campo docente e investigador, que siempre supo aprovechar para el avance de la ciencia española.

Los primeros años. Su llegada a Madrid

Cuando nace Francisco en 1899 (Fig. 2), su padre tenía 26 años y estaba de profesor en la Universidad de Valladolid, aunque por poco tiempo, pues ese mismo año gana la oposición a la cátedra de Historia Natural del Instituto de Segunda Enseñanza en Córdoba y abandona la ciudad castellana. La familia, con el pequeño Francisco de sólo unos meses, se traslada a Córdoba en donde permanecerá hasta 1907, cuando Eduardo es nombrado Adjunto al Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Ya nunca más la familia Hernández-Pacheco abandonó Madrid.

Desde su llegada a Madrid con ocho años, Francisco desarrolló toda su actividad en la capital, hasta su fallecimiento el 7 de diciembre de 1976. Sus estudios de Bachillerato los realizó en el Instituto del Cardenal Cisneros y la Licenciatura en Ciencias Natu-



En la Ciudad de Valladolid
 a la una de la tarde del día diez y nueve
 de febrero de mil ochocientos noventa y nueve
 ante el señor Don Salvador Lorente Pareja
 Jefe Municipal del Distrito de la Plaza y de mí el Secretario
Don Fermín Martínez de Ore
Saez compareció Don Eduardo Hernández
Pacheco intercomunal de Madrid provincia
 de Fernando de veinte y seis años de edad
casado Catastrático domiciliado en
 la calle de Alonso Pesquera número veinte y cinco
 piso segundo con objeto de que se inscriba en el Registro Civil
 un niño; y al efecto como padre del mismo
declaro
 Que dicho niño nació en la casa del
declarante el día diez y seis de octubre
de los años de la tercera
 que es hijo legítimo del declarante
ante
 y doña Sara Rosso de Luna natural
 de Alcubilla de Terares (Valladolid)
 de veinte y tres años de edad, casada y
domiciliada en el día de su nupcias
solo

Fig. 1. Extracto de la inscripción en el Registro Civil de Valladolid del nacimiento de Francisco Hernández-Pacheco. Nació en la calle Alonso Pesquera 25 y le inscribió su padre.

rales en la Facultad de Ciencias (licenciándose en 1920), de donde era catedrático su padre, desde 1910.

La década de los 20, supone para Francisco el inicio y consolidación como profesor universitario y el comienzo de su actividad investigadora en las dos instituciones a las que perteneció: la Universidad Central y el Museo de Ciencias Naturales.

El entronque de los Hernández-Pacheco geólogos con los ingenieros de minas se produce a comienzos de los años 20 con el matrimonio de Francisco con Sara Rosso de Luna. Ambas familias se conocían de su tierra común, Extremadura. Los Hernández-Pacheco procedían de Alcuescar, de donde eran oriundos el abuelo Francisco y el bisabuelo Diego, ambos generales. Por su parte, los Rosso de Luna eran terratenientes y propietarios de las minas de Logrosan. El hermano de Sara, Ismael, fue un conocido y prestigioso ingeniero de minas que llegó a ser Catedrático de Yacimientos en la Escuela Superior de Minas de Madrid.

Las primeras publicaciones científicas de Francisco se refieren a las ca-

racterísticas fisiográficas y geológicas del Mioceno aragonés, presentando la primera de todas en el Congreso de Oporto de 1921. Ese mismo año, su padre Eduardo es elegido miembro de la Real Academia de Ciencias

Francisco, profesor de la Universidad Central de Madrid. De Ayudante a Catedrático

En 1923 es nombrado Ayudante de clases prácticas de Geología geognóstica y estratigrafía de la Facultad de Ciencias. Al año siguiente nace su hija Ofelia. Durante este periodo realiza excursiones por varias regiones españolas, entre ellas, a la provincia de Ciudad Real en compañía de su padre y de los ingenieros de minas La Rosa y Alvarado. Detectó que la extensión de las rocas volcánicas de la región era mucho mayor de lo que se pensaba. Es de suponer que como consecuencia de su relación con estos ingenieros que trabajaban en el Instituto Geológico y Mi-

nero de España (el IGME), es designado en 1928 colaborador del instituto para la realización de varias hojas geológicas de la cartografía MAGNA (1ª edición) a escala 1:50 000 en la zona de Ciudad Real. Comenzó así su actividad como cartógrafo que duró hasta 1972, cuando tenía 72 años!

En ese periodo de 1928 a 1972 realizó 36 hojas geológicas: 7 hojas en Ciudad Real (1928-1935), 1 en Toledo (1944) 2 en Córdoba (1965-1970) y 26 hojas en Extremadura (1941-1972), entre las que se encuentran las correspondientes a la zona de procedencia de su familia paterna, Alcuescar, Montanchez y Miajadas. En todas las hojas figuran como coautores diversos ingenieros de minas, pues era norma entonces en el IGME que las hojas geológicas debían ir firmadas siempre por algún ingeniero. En 20 hojas del bloque extremeño figura como único coautor su cuñado Ismael Rosso de Luna que era ingeniero y, además, profesor de la Escuela de Minas de Madrid. Además de cumplir de esta manera la norma administrativa de firmar un ingeniero, la razón de esta colaboración estaba en que ambos conocían bien la región y pasaban muchas vacaciones allí juntos. También, el hecho de que Rosso de Luna fuera especialista en yacimientos minerales y hubiera realizado varios informes mineros de aquella zona, suponía una valiosa colaboración para las hojas. En ninguna otra publicación científica de toda su extensa bibliografía colaboró Francisco con Rosso de Luna.

Sólo en el periodo de las tres últimas hojas, El Viso (1965), Pozoblanco (1970-72) y Sierra de Gata (1972), la norma de firmar con un ingeniero estaba ya abolida, lo que explica que las firmara con el geólogo-naturalista andaluz Rafael Cabanás, al que le había dirigido la tesis doctoral en Marruecos. A pesar de la edad de Hernández-Pacheco, consta que se desplazaba al campo para colaborar en la ejecución del trabajo.

Se doctoró "Paquito Pacheco", como entonces se le llamaba cariñosamente, en 1929 en la Universidad Central de Madrid, con una tesis titulada "Fisiografía, Geología y Paleontología del territorio de Valladolid" que le dirigió su padre. En aquella época, el entorno científico de su padre estaba muy interesado en el estudio geológico de las cuencas terciarias y, sobre to-

do, de su potencial paleontológico para precisar la datación de los depósitos sedimentarios y establecer una cronestratigrafía más precisa. Ese mismo año gana la plaza de Profesor Auxiliar de Geografía Física y, al año siguiente es nombrado Jefe de la Sección de Geología (de reciente creación) del Museo Nacional de Ciencias Naturales que dirigía Ignacio Bolívar. Fue durante el bienio 1929-30 cuando, animado por su padre, y a la vez que realizaba sus trabajos de cartografía en Ciudad Real, lleva a cabo uno de los trabajos científicos más famosos de su carrera, el *Estudio de la región volcánica central de España*, que fue premiado por la Academia de Ciencias en 1931 y publicado al año siguiente. Según dice en el preámbulo del libro, el trabajo lo concluyó en septiembre de 1930, al mismo tiempo que nació su segundo y último hijo, Alfredo. Tenía entonces 31 años.

La política medioambiental española estaba en aquellos tiempos en pleno desarrollo, impulsada entre otros por su padre Eduardo, que años antes había pertenecido a la Junta Central de Parques Nacionales. Ya en 1920 había propuesto la creación de una nueva figura proteccionista, Monumentos Naturales de Interés Nacional, que no es recogida por la legislación hasta 1927, incorporando además la figura de Sitio Natural de Interés Nacional. La declaración en diciembre de 1930 de La Pedriza del Manzanares, junto a otros lugares del Guadarrama, como Sitio Natural de Interés Nacional, obligó a publicar una memoria explicativa de los valores geomorfológicos del área. Esta memoria la redactó Francisco dentro de la famosa Guía que publicó la Junta de Parques Nacionales en 1931. También describió los *Rasgos geográficos y geológicos de los Picos de Europa* para las Guías de los Sitios Naturales, junto con Delgado Ubeda.

Otra de las líneas de investigación de Francisco a finales de los años 20 y principios de los 30 fue la evolución de la red fluvial española. Su padre había sido nombrado pocos años antes Presidente de la Comisión de Terrazas Pleistocenas y Pleistocenas de la Unión Geográfica Internacional y era necesario conocer mejor las características de las terrazas españolas. Eduardo contó con la colaboración de discípulos suyos, en especial de su hijo Francisco y del profesor Aranegui. Esta colaboración dio



Fig. 2. Fotografía de Eduardo Hernández-Pacheco, padre y maestro de Francisco.

origen a varias publicaciones de Francisco sobre el tema entre los años 1927 y 1932, como la captura del Duero en Numancia, las terrazas del Henares y del Jarama (en colaboración con Aranegui), las terrazas del Pisuerga, variaciones en el régimen de terrazas de algunos ríos españoles o las terrazas cuaternarias del Duero.

El 7 de abril de 1933, Francisco Hernández-Pacheco gana la Cátedra de Geografía Física de Madrid en oposición a Joaquín Gómez de Llarena. El ejercicio práctico de campo fue en la comarca de Hellín y consistía en la realización de un mapa geológico de un territorio de algo más de 50 kilómetros cuadrados y en el levantamiento de un corte geológico de más de 40 km. entre Hellín y Cieza. El ejercicio comenzó la mañana del 17 de marzo de 1932 y concluyó al anochecer del día 20; en total, cuatro días en que recorridos en automóvil se alternaban con itinerarios a pie para completar el mapa. El 24 de ese mes, a las cinco de la tarde, entregaba en Madrid la cartografía del área con su memoria y todos los materiales recogidos durante la campaña. El trabajo que realizaron los opositores en el campo supuso el descubrimiento geológico del Pitón volcánico de Cancarix en la Sierra de las Cabras y su primera cartografía. Sin duda, la experiencia de campo en los volcanes de Ciudad Real le debió de servir a Francisco para realizar dicho descubrimiento que ni si-

quiera Osann, un estudioso de los volcanes del SE español, había descubierto en los años finales del S.XIX y principios del S.XX cuando anduvo por esas tierras. En 1935 publicaba Francisco Hernández-Pacheco en los Anales de la Universidad de Madrid los resultados de este ejercicio de campo. Gómez de Llarena lo había hecho un año antes.

En 1934, siendo Francisco ya catedrático, su padre es nombrado Vicedirector de la Universidad de Madrid.

Por aquellos tiempos, y siguiendo nuevamente la estela de su padre, consigue el nombramiento como Profesor Adjunto de Geología en Escuela Especial de Ingenieros de Caminos para impartir las clases de Geología.

La Guerra Civil y la postguerra. Las expediciones al Sahara

En el verano del 36 estalla la Guerra Civil. Francisco se encontraba en Santander veraneando con toda su familia y dando clases en el Palacio de La Magdalena. Ante posibles complicaciones que pudieran surgir con la llegada de las tropas sublevadas (nacionales) a la ciudad se refugió en San Juan de Luz (Francia), a donde llegó en un barco inglés con su mujer y sus dos hijos de corta edad, Ofelia de doce años y Alfredo de seis. Francisco no era, ni fue, un hombre político pero sus ideas liberales podían ocasionarle problemas. Permaneció en Francia pocos días, pues los buenos oficios que hizo su padre ante los militares, con los que mantenía buenas relaciones desde las campañas africanas, lograron que su hijo pudiera volver al territorio nacional sin temer ninguna represalia. Primero llegó a Burgos, luego pasó a Valladolid y, posteriormente permaneció el resto de la guerra en Alcuéscar y Miajadas, la tierra de sus antepasados. Allí daba clases y recorría el territorio para su estudio geológico y geográfico. Resultado de dicho estudio fue el artículo titulado *El segmento medio de las Sierras Centrales de Extremadura*, publicado en 1939 en la revista *Las Ciencias*.

Al finalizar la guerra volvió a Madrid y se reincorporó a su cátedra de la universidad. Otros profesores, como es sabido por la historia, no tuvieron tan-

ta fortuna y emigraron a otros países de los que nunca volvieron.

Siguiendo la tradición de su padre, Francisco participó activamente en las campañas de investigación científica que el gobierno español venía haciendo en sus colonias africanas desde finales del siglo XIX, y que se reanudaron después de la guerra.

El primer contacto que tuvo Francisco con África se produjo un poco antes de la Guerra Civil, cuando fue comisionado a Guinea española en una misión patrocinada por la Dirección General de Colonias. Su objetivo era el estudio geográfico y geológico de la región así como el estudio geotécnico del futuro puerto de Bata y la búsqueda de canteras para su construcción. También se le encargó el estudio hidrogeológico para el abastecimiento de aguas a Bata.

El primer viaje al Sahara fue muy corto y lo realizó en compañía de Vidal Box. Su segundo viaje, el que marcó el inicio de su estudio sistemático del Sahara, fue en 1941, una vez que se terminó la guerra civil, acompañando a su padre que había sido comisionado por la Alta Comisaría de España en Marruecos para la exploración científica de la zona española del Sahara. Esta parte occidental del Sahara era uno de los territorios africanos de influencia española más cerrados a las exploraciones. Desde la expedición de Quiroga y Cervera en 1886, sólo se había realizado la expedición de Eduardo Hernández-Pacheco a Ifni, cuyo informe entregó al gobierno en 1935, publicando parte de los datos científicos con su hijo en 1936.

En ese año de 1941, padre e hijo (con 69 y 42 años, respectivamente) recorrieron la mitad septentrional del Sahara español, que era la menos conocida. Como resultado del viaje Francisco publicó dos artículos, uno sobre las sebjas de Tarfaya y otro sobre los rasgos fisiográficos y geológicos de los territorios africanos. Con su padre publicó, en 1942, el resultado completo de la expedición en un volumen de 196 páginas.

Para continuar las expediciones saharianas, dada la elevada edad de Eduardo, se constituyó una Comisión de Exploraciones y Estudios Africanos formada por los Hernández-Pacheco y los catedráticos, Vidal Box, Alía Medina y Guinea López, que fueron los continuadores de la investigación. El



Fig. 3. Francisco Hernández-Pacheco vestido con traje académico.

grupo realizó varias expediciones entre 1942 y 1947 que dieron origen a varios artículos de Francisco, bien como autor único o en compañía de Alía Medina. Como grupo completo publicaron en 1949 el volumen que recoge sus investigaciones titulado *El Sahara español. Estudio geológico, geográfico y botánico*. Un año antes, y como reconocimiento a su labor africanista, Francisco Hernández-Pacheco fue nombrado Comendador de Número de la Orden de la Mehdauia de Marruecos. En 1947, su padre había sido distinguido por el Jalifa del Protectorado de España en Marruecos con la Gran Cruz de la misma Orden.

La etapa de madurez y los honores

Una vida científica y docente tan plena, en un entorno tan activo como el que vivió Francisco, tenía que desembocar necesariamente en un reconocimiento social e institucional a su labor, como así ocurrió.

En enero de 1949 ingresa en la Academia de Farmacia. Los méritos contraídos en sus investigaciones sobre las estructuras tectónicas y sus relaciones con la composición de las aguas minero-medicinales, especialmente las termales, le llevaron a ser distinguido con dicho honor. Su discurso de ingreso fue *La Tectónica peninsular* y su re-

lación con las aguas Minero-Medicinales. Desde su ingreso, se dedicó a organizar la Sección para el estudio de las aguas minero-medicinales, llegando a ser presidente de la misma, y publicando varios artículos sobre el tema.

En la década de los años 50, Francisco continuó compaginando su labor docente con la investigadora, que tuvo que compartir con las tareas de Secretario General de la Real Sociedad Española de Historia Natural (cargo que ostentó desde 1947 a 1973) o con la Presidencia de la Real Sociedad Española de Alpinismo Peñalara (cargo al que accedió su padre en 1938). Siguió en la línea de publicar artículos geológico-geográficos muy variados por su temática pero, como escribió Manuel Alía en su necrológica, tenían un común exponente: el de referirse siempre a cuestiones y a hechos observados y tomados directamente de la naturaleza. Su pasión siempre fue el campo. En palabras de Vázquez Moure, la verdadera cátedra, academia o sociedad de Hernández-Pacheco era el campo.

En marzo de 1958 ingresa en la Academia de Ciencias sucediendo en la medalla número 30 a D. Luis Fernández de Córdoba, Duque de Medinaceli (Fig. 3). Su discurso de ingreso versó sobre un aspecto de geología aplicada, *Evolución del relieve peninsular en relación con las obras hidráulicas*.

También en la década de los años 50 ocupó las direcciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales y del Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas del CSIC, que compaginaba con su cátedra universitaria.

Desde 1960 hasta su fallecimiento continuó con todas sus actividades docentes, investigadoras y administrativas. Unas 103 publicaciones de distinta índole (artículos, cartografías, notas bibliográficas, necrológicas, entre otras) publicó a lo largo de ese periodo, lo que da una idea de su capacidad de trabajo. Entre ellas se pueden destacar por su carácter aplicado las descripciones geológicas que hizo, en compañía de Macau Vilar, de varios itinerarios de la red nacional de carreteras, para el Servicio Geológico de Obras Públicas.

Su experiencia en el campo de la geología aplicada, que ya comenzó a practicar en su viaje a Guinea en los primeros años treinta, le suministró una idea muy clara del carácter aplicado que había que darle a la carrera de

Geología. En un artículo titulado *Perspectivas profesionales y científicas de la carrera de Ciencias Geológicas*, publicado en 1960 por el Ministerio de Educación Nacional, expuso su visión de lo que debería estudiarse en la facultad. Hacía sólo cuatro años que la Sección de Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid se había dividido en las Secciones de Biológicas y Geológicas. Sin negar la necesidad de formar técnicos para la docencia y la investigación, Hernández-Pacheco era consciente de la enorme perspectiva profesional que se le abría al geólogo del futuro cuando dice "...*hoy el geólogo ha de ocuparse de cuestiones muy variadas y fundamentales en relación con el desarrollo de un país y con su economía; el geólogo hoy es un técnico necesario, que tiene mucho que hacer y que la Geología ha llegado a ser ciencia aplicada de las de más importancia y de muy amplio porvenir*". Pasados cuarenta años desde la publicación de este artículo, sus palabras siguen presentes en la Facultad de Ciencias Geológicas de Madrid, cada vez que se aborda un nuevo plan de estudios.

En 1963, Francisco fue nombrado vicepresidente de la Real Sociedad de Historia Natural, cargo que conservó hasta 1974, en que pasó a ser presidente honorario.

Los últimos años. El fin de una época

En 1965 fallece en Alcuéscar, a los 92 años, su padre y maestro Eduardo. Con él, desapareció una parte de la historia de los Hernández-Pacheco y, tal vez, el mejor representante de la Ciencia Natural española de la primera mitad del siglo XX.

El vigor físico e intelectual eran para Francisco Hernández-Pacheco su soporte vital. Aun en 1966, con 67 años, acompañado del profesor Alía Medina, viajó al Sahara español con los alumnos de Geológicas en su viaje fin de carrera. Esta fortaleza física la mantuvo poco tiempo más ya que, tres años después, una fatal enfermedad (el mal de Parkinson) fue mermando su capacidad de movimiento, que no de ánimo, limitando sus desplazamientos.

Yo conocí personalmente al profesor Hernández-Pacheco en el curso académico 1968-69, pues fui alumno



Fig. 4. Sepulturas de la familia Hernández-Pacheco en el cementerio municipal de Alcuéscar (Cáceres). En la parte baja de la sepultura izquierda se encuentra la de Francisco, con falta (por robo) de algunas letras. La sepultura derecha corresponde a la de sus padres Eduardo y María.

suyo en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense. La asignatura que impartía se llamaba Geodinámica Externa y pertenecía al segundo curso de la Licenciatura. Su constitución física ya dejaba ver su edad y el comienzo de su enfermedad, pero siempre llegaba sonriente y animoso. Su figura era la de una persona de gran bondad cuyo discurso nos sorprendía por su carácter geográfico-geológico general frente a los discursos más especializados del resto de las asignaturas. Sin duda, su tiempo estaba en trance de desaparecer para dar paso a otro donde la amistad generosa de su generación se convirtió en recelo, la solidaridad en competitividad y la visión general en visión puntual.

Francisco Hernández-Pacheco falleció el 7 de diciembre de 1976, en un hospital madrileño. Vivía en la calle de Santa Engracia, en el mismo edificio donde actualmente vive su hijo Alfredo. Un año antes había fallecido el General Franco y con su muerte España pudo realizar la transición política hacia la democracia plena, tomando nuevos rumbos y entrando en otra época. Con la muerte de Hernández-Pacheco también se terminó una etapa de la historia de las ciencias geológicas españolas. Francisco fue el último representante de una escuela de naturalistas que contemplaba la naturaleza como un todo. Durante su época, la Geografía Física de España, junto a la geología de muchas áreas peninsulares, es-

taban poco conocidas y los trabajos generales geológico-geográficos eran fundamentales para el conocimiento del territorio. No se podían hacer aún trabajos puntuales y, mucho menos, cuantificar las observaciones. Eso vino luego. De su magisterio salieron varios de los geólogos especialistas del futuro, hoy presente, que se encargaron de esa nueva tarea. Sus restos descansan en el cementerio de Alcuéscar al lado de su padre Eduardo, su abuelo Francisco y su bisabuelo Diego (Fig. 4). La ciudad de Valladolid, lugar de su nacimiento, le distinguió poniendo su nombre a una calle, al igual que Cáceres puso su nombre a un Instituto de Educación Secundaria.

Su hijo Alfredo, siguiendo esa senda de especialidades que le ha tocado vivir, en donde cada vez se sabe más de menos y se llega a saber todo de nada, se especializó en Geoquímica de rocas endógenas, contribuyendo así a un aspecto de la petrología poco desarrollado hasta entonces en España. Es de suponer que alguien, allá por el año 2030, recuerde también el centenario del nacimiento de Alfredo Hernández-Pacheco, el último miembro de la *Saga de los Pacheco*, que es lo mismo que decir: Cien años de Historia de la Geología española vividos en familia.

Agradecimientos: Agradezco al Profesor Alfredo Hernández-Pacheco la información suministrada así como la revisión del texto.

Las rocas ornamentales de Castilla y León

José Ignacio García de los Ríos Cobo
Geólogo. SIEMCALSA (Valladolid).

La gran riqueza arquitectónica y monumental observable a lo largo y ancho de Castilla y León es el fiel reflejo de la variedad y calidad de las rocas ornamentales presentes en esta región, que posee, por su extensión y diversidad geológica, una gran abundancia de yacimientos, reservas y áreas potenciales. Esos recursos geológicos han proporcionado, y siguen proporcionando, a las construcciones sus características de belleza, durabilidad, solidez y prestigio, existiendo una clara conexión geología-edificación, que se realiza a través de la actividad de las canteras.

Con estas páginas se pretende dar una visión general del estado actual del sector de las rocas ornamentales, que constituye una importante y prometedora actividad minera, en la que hay unos 2.450 empleos directos implicados en 98 empresas productoras que comercializan del orden de 442.000 T/año, lo que representa unos 25.000 Mpts de facturación. Las 49 empresas de pizarras (37 canteras y 50 talleres de elaboración), con 1.800 empleados, facturan más de 15.000 Mpts. Este último subsector, junto con el de las Piedras de Cantería, que produce 40 de las 70 variedades catalogadas en España (Roc Maquina, 1998), representan una buena parte de la actividad minera de nuestros días.

Pizarras

Se explotan en las provincias de León (Zonas de La Cabrera, Alto Bierzo y El Caurel), Zamora (Aliste) y Segovia (Bernardos). La mayor concentración de canteras se encuentra en La Cabrera, en las localidades de Benuza, La Baña, Odollo, San Pedro de Trones, Sotillo, Castrillo, Noceda, Corporales y Truchas.

Este subsector minero tiene un gran peso dentro de la actual actividad extractiva regional. No hay que olvidar

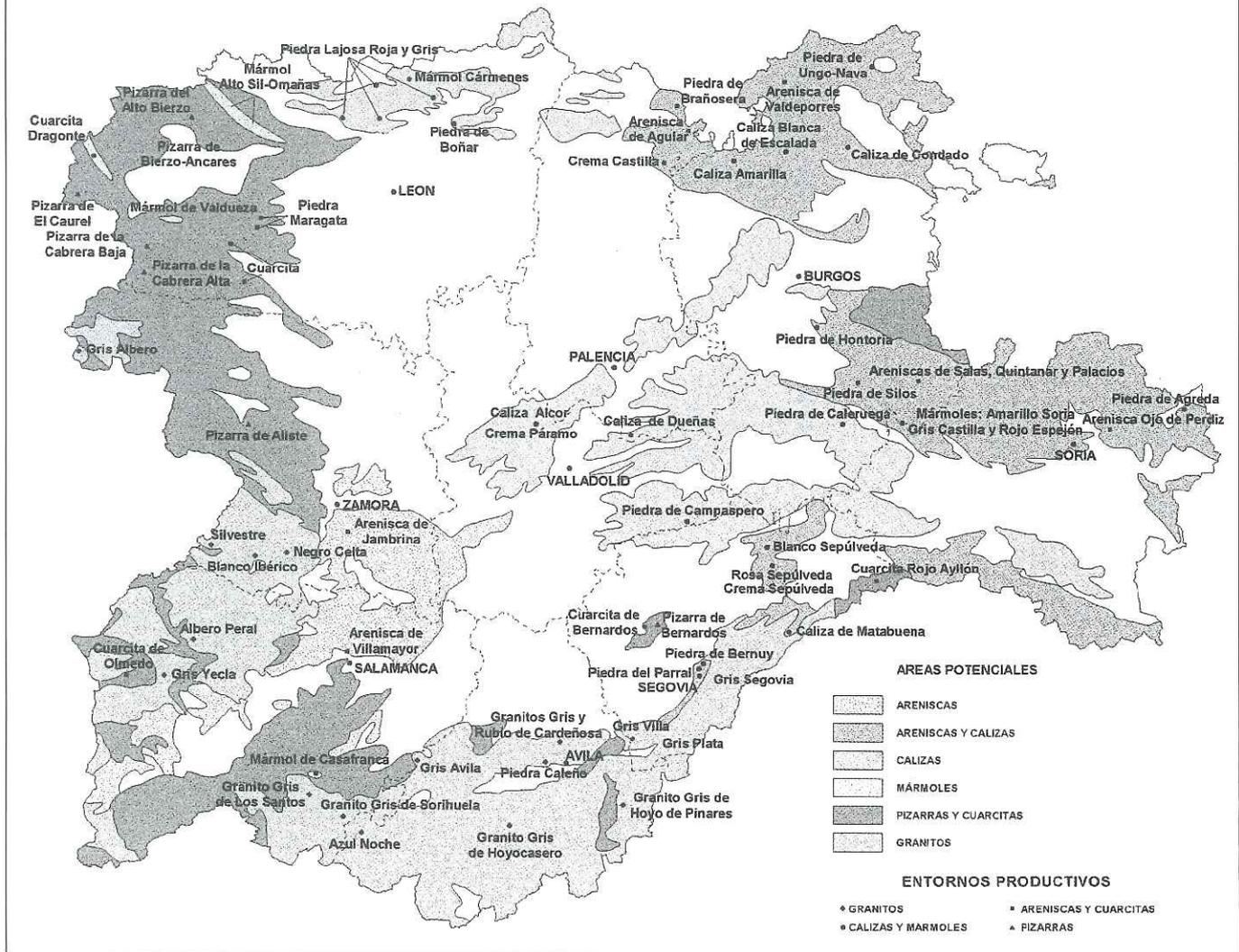
que España es el primer productor mundial de pizarras, y de estas aproximadamente el 34% proceden de Castilla y León.

Tradicionalmente se vienen explotando para su utilización como placas para cubiertas de distintos grosores y formatos y, en menor medida, para solados, mampostería y recubrimientos. El procedimiento consiste en la extracción en el frente de cantera de grandes piezas "rachones" que son transportados a las naves de transformación para su corte en tacos o "tochos" y posterior exfoliación o labrado y troquelado.

Se encuentran en terrenos paleozoicos de las zonas Asturoccidental-Leonesa y Centroibérica, fundamentalmente en las Fms. Luarca y Agüeira (Ordovícico medio y superior) y en menor cantidad en otros niveles, (Precámbrico-Cámbrico inferior y Silúrico).

En la zona Asturoccidental-Leonesa y, más concretamente, en el dominio del Navia - Alto Sil, en los alrededores de Páramo del Sil (León), en la Fm. Pizarras de Luarca, hay activas tres canteras emplazadas en flancos de baja fracturación y charnelas de los pliegues subverticales de Fase 1, en donde se obtiene la *Pizarra del Alto Bierzo*. En Anllares del Sil una cantera de tamaño medio beneficia unas pizarras de color gris oscuro, duras y algo

ROCAS ORNAMENTALES DE CASTILLA Y LEÓN



cuarzosas para placas de cubiertas de espesores 4-6 mm.

En Páramo del Sil otras dos canteras más pequeñas explotan un nivel basal de la misma formación, constituido por pizarras negras con algunos cristallitos de sulfuro de hierro, que también se lajan con un grosor similar e incluso mayor cuando su destino son los solados.

En esta zona hay otras pequeñas canteras próximas inactivas y alguna en fase de proyecto.

Otra zona pizarrera es la occidental de Vega de Espinareda, donde hay varias canteras inactivas de *Pizarra de El Bierzo-Ancares*. Son pizarras negras y grises oscuras extraídas de las Fms. Luarca y Agüeira.

Al norte de Vega de Valcarce hay, asimismo, alguna explotación abando-

nada donde se beneficiaron, en pequeña medida, las pizarras de la Serie de los Cabos.

En la zona Centroibérica, en el Sinclinal de Truchas, al SO de León, se encuentra la comarca de La Cabrera, donde se concentra una numerosa actividad extractiva centrada especialmente en las zonas de charnela de los pliegues de Fase 1 de la Fm. Agüeira, en laderas de montes de gran tamaño e inclinación. Varias de las canteras son de gran tamaño, muy mecanizadas, con grandes movimientos de materiales.

La *Pizarra de La Cabrera Baja* (Foto 1) se explota en varias localidades de la zona septentrional de La Cabrera (San Pedro de Trones, Sotillo de Cabrera, Benuza, Lomba y Odollo), en 13 canteras de las cuales 6 son grandes y otras 3 medianas. Las grandes explo-

taciones consisten en varios bancos de 4-6 m de altura con frentes de gran desarrollo y máximo aprovechamiento, no lejos de las naves de elaboración. Son pizarras de color gris muy oscuro y grano fino, constituidas por cuarzo, sericita y clorita fundamentalmente, presentando muy escasos pequeños cristales cúbicos de sulfuro de hierro. Su buena foliación contribuye a su apertura en placas para cubiertas de 2,5-3,5 mm de grosor.

La *Pizarra de La Cabrera Alta-La Baña* (Foto 2) es la extraída en el entorno de esa localidad, al SO, en ocho canteras de las que cuatro son de tamaño medio. Son pizarras negras de grano fino y buena exfoliación que se abren en placas para cubiertas de grosor 2,5-3,5 mm. Están constituidas principalmente por cuarzo, sericita y

clorita, apareciendo aislados cristalitas de sulfuro de hierro.

En zonas más orientales de La Cabrera hay asimismo explotaciones, algunas paradas, y proyectos avanzados, especialmente en el entorno de Truchas.

En este momento se extraen pizarras en Corporales, Forná, Villarino y Robledo de Losada. Dos de las canteras son de tamaño medio.

La *Pizarra del Caurel* se extrae en dos canteras, una de ellas de buen tamaño, en Lusio, extremo occidental de la provincia leonesa, en pliegues horizontales de la Fase I de la Fm. Pizarras de Luarca, en el gran sinclinal del Caurel. Es una pizarra prácticamente negra, constituida por cuarzo, sericita y clorita, con pequeñas inclusiones aisladas de cristalitas de sulfuro de hierro, presentando buenas compacidad y exfoliación.

No lejos, en Gestoso y Oencia, hay algunas canteras inactivas.

En el Sinclinal de Alcañices, en la provincia de Zamora, se obtiene la *Pizarra de Aliste*, en dos canteras activas de tamaño medio emplazadas en terrenos silúricos y ordovícicos y una tercera comenzando su actividad. El material es una pizarra de color gris muy oscuro, constituida por sericita, clorita y cuarzo, con cristalitas de sulfuro de hierro muy dispersos. La marcada esquistosidad colabora a la obtención de finas placas para cubiertas. En este momento hay 3 proyectos en estas pizarras en el entorno de Riofrío de Aliste.

En la localidad segoviana de Ber-



Foto 1. Cantera de *Pizarra de La Cabrera Baja*. San Pedro de Trones, León.

nardos se explotan, en tres canteras, las pizarras filitosas de las Capas de Santa María, pertenecientes al Complejo Esquisto-grauváquico (Precámbrico-Cámbrico inferior). La *Pizarra de Bernardos* está constituida por moscovita, biotita, clorita y cuarzo principalmente, que le confieren el color gris y superficie fibrosa satinada características de estas rocas.

La actividad extractiva en la zona se remonta a varios siglos atrás por lo que hay grandes cortas que denotan fuertes movimientos de estos materiales.

Los niveles con mayor contenido en cuarzo y menor foliación se aprovechan para extraer bloques que posteriormente se cortan en tableros que admiten la terminación superficial pulida. Es la *Filita Gris* o *Filita Gris Cordillera*.

También se comercializa la *Pizarra Multicolor* o *Pizarra Natural Roja*, que se obtiene de las capas más superficiales, de tonos rojizos, grises y óxidos.

Las pizarras de Bernardos se dedican a cubiertas, solados, mamposterías, recubrimientos y demás utilidades, siempre con espesores mínimos de unos 5 mm.

Areniscas y cuarcitas

Las areniscas presentan muy variables resistencias a los esfuerzos y se prestan en general muy bien a su trabajo y talla, mientras que las cuarcitas, por su dureza, no lo admiten, restringiéndose su uso a las piezas lajadas que se extraen en la cantera.

En Castilla y León aparecen en variados entornos geológicos, desde el Cámbrico hasta el Eoceno, siendo explotadas en 32 canteras.

En terrenos paleozoicos, en la zona Asturoccidental-Leonesa de la provincia de León, se obtiene la *Piedra Maragata*, consistente en lajas cuarcíticas de tonos grises y ocreos que se extraen en Brazuelo (Cuarcita de Vega, del Ordovícico superior) y Santa Colomba de Somoza (Serie de Los Ca-

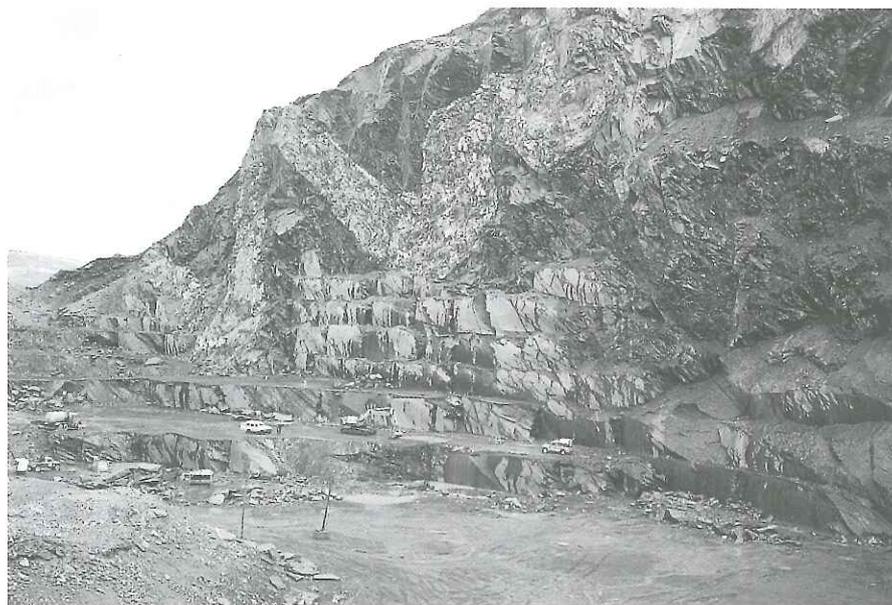


Foto 2. Cantera de *Pizarra de La Cabrera Alta*. La Baña, León.



Foto 3. Cantera de Arenisca de Valdeporres. Burgos.

bos), donde se obtienen piezas más gruesas o tochos para mampostería.

Otra variedad similar es la *Cuarcita*, que se beneficia en Chana de Somoza y Castrocontrigo, en unas canteras que aprovechan las areniscas cuarcíticas de la Serie de los Cabos (Cámbrico medio-Ordovícico inferior) de aspectos parecidos.

Hay varias pequeñas extracciones abandonadas en los alrededores y en el área del sur de Astorga.

En la zona Centroibérica se obtienen dos tipos de cuarcitas en lajas. En Olmedo de Camaces (Salamanca), en niveles de la Cuarcita Armoricana (Ordovícico inferior), se extrae la *Cuarcita de Olmedo*, de colores ocres y grises. Se comercializan piezas irregulares y cortadas de 1,5 a 5 cm de grosor.

En la localidad segoviana de Domingo García, próxima a Bernardos, se explotan varias canteras en una misma ladera, de las Capas de Domingo García, cambro-ordovícicas, obteniéndose las distintas piezas de la *Cuarcita de Bernardos*, *Cuarcita Roja* o *Cuarcita Segovia*, de tonos grises y rojizos. También en Segovia, en la localidad de Serracín, se extrae otra cuarcita muy similar del Silúrico, denominada *Cuarcita Rojo Ayllón*.

En terrenos mesozoicos se concentra la mayor actividad minera en areniscas.

En la Región Vasco-Cantábrica, en Brañosera-Salcedillo (Palencia), se extrae la *Piedra de Brañosera* en sus variedades Roja, Gris y Amarilla. Son areniscas compactas y duras del Triá-

sico inferior, que lajan con facilidad por planos micáceos a espesores de 2-6 cm. La Roja, muy utilizada tradicionalmente en el norte de la provincia, es de tonos vinosos y composición arcósica, mientras que las otras dos son cuarzoareniscas amarillenta-crema y gris. En este momento hay tres canteras activas, alguna en fase de proyecto y otras inactivas.

En el norte de Burgos, en la Merindad de Valdeporres, en tres canteras emplazadas en estratos de 1-5 m de espesor pertenecientes a la potente serie detrítica que comprende la Facies Wealdense (Cretácico inferior) y la Fm. Arenas de Utrillas (Albiense-Cenomaniense), se explota la *Arenisca de*

Valdeporres (Foto 3), roca de grano fino-medio uniforme y tonos gris pálido amarillento y ocres. La composición de estas rocas varía desde ortocuarcitas a subarcosas, estando los granos unidos por una escasa matriz de caolinita y/o algo de cuarzo secundario. Se obtienen bloques de tamaño mediano, de los que se cortan posteriormente variadas piezas de más de 3 cm de grosor.

En áreas próximas hay varias canteras abandonadas de areniscas similares, emplazadas en las Fms. Arenas de Utrillas y Valmaseda, principalmente en los entornos de Santa Gadea, Haedo de la Puebas y Entrambosríos.

En el entorno de Aguilar de Campoo (Palencia), se obtenía en el pasado, en varias pequeñas canteras, la *Piedra Arenisca de Aguilar*. Actualmente hay dos canteras en el entorno de Quintanilla de las Torres, al noreste de Aguilar.

En el dominio de la Cordillera Ibérica, en varias localidades cercanas a Salas de los Infantes (Burgos), se benefician unas areniscas blanquecinas y gris-crema, ligeramente feldespáticas, con matriz de arcilla y sericita, pertenecientes al Grupo Urbión (Barremiense-Aptiense). Hay canteras activas en Castrillo de la Reina, Palacios de la Sierra, Quintanar de la Sierra y Canicosa de la Sierra, en donde se extraen bloques de tamaños mediano y pequeño que posteriormente se cortan en talleres próximos. El material es la *Piedra o Arenisca de Salas* (Foto 4), de Quintanar, de Palacios y de Canicosa.

También en el Grupo Urbión se encuentra emplazada la cantera de Al-



Foto 4. Cantera de Piedra de Salas. Castrillo de la Reina, Burgos.

dehuela de Periañez (Soria), que explota en un gran yacimiento de un relieve en cuesta, una ortocuarcita muy compacta y dura de grano fino, con cierta cantidad de cuarzo recristalizado y color beige con fino moteado de tonos óxidos. Es la Arenisca *Ojo de Perdiz*, cuyos bloques de tamaño medio son serrados y cortados en distintas piezas de cualquier grosor.

En el Terciario de la Cuenca del Duero, en su borde SO, en terrenos del Paleógeno, se explota desde hace siglos la conocida Piedra Franca o *Arenisca de Villamayor*, cuyas canteras están ubicadas en esa localidad próxima a Salamanca, ciudad monumental que debe su belleza a este material. Se benefician niveles de formas lobulares subhorizontales de la Fm. Areniscas de Cabrerizos, en varias pequeñas canteras de formas más o menos cúbicas bajo el nivel del suelo. Se trata de areniscas feldespáticas y arcosas de granos mayoritariamente fino y medio y tonos ocres pálidos con manchas pardo-rojizas. Los granos de esta rocas están trabados por arcillas, con gran proporción de esmectita y paligorskita, muy sensibles a la presencia de agua, que produce cambios físicos, especialmente volumétricos, lo que propicia transformaciones texturales y, por tanto, en el comportamiento mecánico de la roca. Así pues, al estar húmedas, en cantera, son muy blandas lo que facilita su trabajo, aunque condiciona su utilización, no pudiendo elaborarse piezas de menos de unos 8 cm. Con el tiempo endurecen notablemente.

En la localidad zamorana de Jambriña se corta, en pequeña cantidad y de forma intermitente, una arenisca de aspecto muy similar a la de Villamayor.

En otras áreas de los alrededores de Salamanca hay numerosas pequeñas canteras abandonadas hace tiempo, que en su día extraían areniscas de varios niveles paleógenos, como las de Santibáñez del Río, Cabrerizos, Aldeallengua, Aldearrubia, San Morales o Babilafuente y las algo más lejanas de Vallesa de Guareña o del entorno de Fuentesauco.

Calizas y mármoles

Aparecen por amplias zonas de Castilla y León, en terrenos que comprenden desde los muy antiguos cámbricos hasta las calizas de los pára-



Foto 5. Cantera de mármol *Amarillo Soria*. Espejón, Soria.

mos, de edad Mioceno superior, estando distribuidas por los paleozoicos de las zonas Asturoccidental-Leonesa, Cantábrica y Centroibérica; mesozoicos de los dominios del Borde Sur de la Cordillera Cantábrica, Región Vasco-Cantábrica, Cordillera Ibérica y Borde Norte del Sistema Central; y las cuencas terciarias de Villarcayo, Almazán y el Duero. En total hay 34 canteras activas.

En la zona Asturoccidental-Leonesa se explotan los mármoles tableados, dispuestos subverticalmente, de la Formación (Fm.) Vegadeo (Cámbrico inferior), que se encuentran en el entorno de Villafranca de El Bierzo (León), en San Fiz do Seo, Dragonte y Corullón. En cuatro canteras, se extrae un mármol con predominio de tonos rosados, si bien lo hay blanco, gris y verdoso, de brillo nacarado, que laja en tablas de 2-3 cm y se comercializa, en piezas irregulares y dimensionadas, como *Cuarcita Dragonte*.

Esos mismos mármoles se han explotado en varias canteras ahora inactivas en la zona del Alto Sil-Omaña, al NO de León.

En el pasado se han extraído mármoles de los niveles carbonatados del Grupo Cándana (Cámbrico inferior) en la zona de Valdueza, al sur de Ponferrada (León).

En la Zona Cantábrica se benefician, en varias localidades de la provincia de León, las *Piedras Lajas* de tonos rojos vinosos (*Roja*) y grises (*Gris*) de las Fms. Alba (Carbonífero inferior) y Barcaliente (Namuriense).

También se las conoce como *Caliza Griotte* (la roja) y *Caliza de Montaña* (la gris) o *Piedra de la Braña*. Son intraesparitas y micritas de las que se obtienen losas de grosor 2-20 cm, en Villamanán, La Pola de Gordón, Portilla de Luna y La Braña, y de forma ocasional, en alguna otra localidad.

En el Grupo Lena (Wetsfaliense) se beneficiaron hace años unas calizas marmóreas de tonos grises en el entorno de Cármenes, también en León.

En la Zona Centroibérica se explotaron en el pasado unos mármoles en Casafranca (Salamanca), en forma de grandes bloques para serrado de tablas. Pertenecen a la Fm. Calizas de Tamames (Cámbrico inferior), y son de tonos rosas, blancos y grises. Actualmente está iniciándose su reexplotación.

En cuanto a las rocas calcáreas mesozoicas, en el Borde Sur de la Cordillera Cantábrica, en Boñar (León) hay una cantera de *Piedra de Boñar*, que es una dolomía de grano fino de tonos ocres. Se explotan siete bancos en el tercer nivel de la Fm. Boñar en una gran zanja que se va alargando a medida que avanza el frente, obteniéndose bloques de tamaño medio que posteriormente son cortados en tablas y otras piezas. Esta piedra se extrae desde hace siglos en esta cantera y otras menores abandonadas, empleándose en la construcción de numerosos edificios leoneses, entre los que destaca la catedral.

Al norte de la provincia de Palencia, en Dehesa de Montejo, se han extraído piezas de cantería de una caliza



Foto 6. Explotación subterránea de *Piedra de Hontoria*. Hontoria de la Cantera, Burgos.

dolomítica blanquecina del Cretácico terminal, igual a la que se cortaba, hasta hace poco, en bloques de cierto tamaño, no lejos, en Becerril del Carpio y se comercializa como *Crema Castilla*.

En la Región Vasco-Cantábrica, en Vivanco de Mena (Burgos) hay una cantera de *Piedra de Ungo-Nava*, biomicrita de grano muy fino, color gris medio, compacta y tableada (Turoniense inferior). En los frentes en ladera de un gran yacimiento se consiguen losas de gran tamaño, de grosor 3-10 cm, que se comercializan irregularmente o cortadas. Las piezas más gruesas se emplean para mampostería.

También al norte de la provincia de Burgos, en el Valle de Valdelucio y Sargentos de La Lora, se extraen lajas superficiales de zonas de páramo del Cretácico superior, que se comercializan sin elaborar, como *Caliza Amarilla*.

La *Caliza de Condado* es una dolomía, del tránsito Cretácico-Terciario, de tonos cremas, que se beneficia en forma de bloques en esa localidad.

Esporádicamente se cortan bloques de la *Caliza Blanca de Escalada* (Quintanilla de Escalada, Burgos), bioesparita de tono blanquecino del Turoniense medio-Coniaciense inferior.

También se utiliza de forma muy ocasional la *Caliza Gris de Aguilar*, que se obtiene en Villallano (Palencia), en una cantera para áridos. Es una dismicrita del Jurásico superior de tono gris-beige que admite el pulido.

En la Cordillera Ibérica, al sur de Hontoria de la Cantera (Burgos), se

encuentran, desde hace siglos, varias canteras subterráneas de cierta entidad, de las que una está en producción, en donde se cortan bloques muy regulares de tamaño medio, de un nivel subhorizontal de 5 m, que se beneficia en dos bancos de igual altura. Es una bioesparita blanca muy pura, masiva, homogénea y algo porosa, del Turoniense-Campaniense, denominada *Piedra de Hontoria* (Foto 6). Se ha utilizado para levantar la catedral y otros notables monumentos burgaleses, en forma de toda suerte de piezas de distintos grosores y formas y finas tallas.

La *Piedra de Silos* se explota en una cantera de Santo Domingo de Silos (Burgos) que beneficia bancos de 1-1,5 m de una dolomía calcárea algo pelítica de grano fino, de tonos ocres y beige de edad Maastrichtiense superior.

En la localidad soriana de Casarejos se benefició en el pasado un mármol blanquecino que en realidad es una caliza del Cretácico superior recristalizada.

En el Borde Norte del Sistema Central, en los alrededores de Sepúlveda (Segovia), en Villar de Sobrepeña, Aldehuela de Sepúlveda y Castroseiracín, se explotan desde muy antiguo unas calcarenitas bioclásticas (bioesparitas) uniformes, compactas, algo porosas, de tonos asalmonados. Pertenecen a la Fm. Calizas, Dolomías y Areniscas dolomíticas de Linares-Ituero, del Coniaciense superior-Santoniense medio. De los bloques de tamaño medio que se extraen, se obtienen tablas, piezas de cantería e

incluso tallas de la denominada *Rosa Sepúlveda*.

En el mismo entorno, en niveles similares, se explota de forma intermitente en Castrojimeno la variedad *Blanco Sepúlveda*, menos porosa y de color beige muy pálido. En Aldehuela también se obtiene una roca prácticamente igual que la rosa, excepto en que es amarillenta (*Crema Sepúlveda*).

La *Piedra de Bernuy* es una dolomía de grano fino, crema-amarillenta, con algunas motas de óxido de hierro aisladas, que aflora en un banco masivo de unos 7 m de potencia, del Coniaciense superior-Santoniense inferior, de donde se cortan bloques de tamaño medio.

Del mismo nivel geológico y similares características pero algo más porosa es la *Piedra del Parral*, que se extrae esporádicamente junto a la capital segoviana para la restauración de sus monumentos.

La *Caliza de Matabuena* consiste en unas lajas que se arrancan superficialmente, en un nivel de las "Dolomías tableadas de Caballar" (Coniaciense), en esa localidad.

En terrenos terciarios se extrae, en las Calizas del Páramo inferior (Mioceno superior), la *Piedra de Ágreda* en sus variedades Crema y Gris. Es algo oquerosa-porosa y muy pura, explotándose en Dévanos (Soria) un nivel inferior de roca gris fosilífera y otro superpuesto de caliza micrítica crema-amarillenta, de donde se extraen pequeños bloques que se destinan a la obtención de piezas de cantería.

En Espejón (Soria) hay activas dos canteras de las que se obtienen bloques de los llamados *Mármoles Amarillo Soria* (Foto 6) o *Amarillo Parador y Gris Castilla o Crema Parador*. Son calizas de la serie carbonatada del Dogger de la Cordillera Ibérica. En el pasado se explotó un frente de un conglomerado rojizo y amarillento muy cementado (*Mármol Rojo Espejón*).

En las proximidades de la cercana localidad de Cantalucia hay una cantera abandonada de la que se extrajo en el pasado un material similar a ese último.

En el Paleoceno-Eoceno del sinclinal de Villarcayo (Burgos) se encuentra, en Salazar, una cantera abandonada de una caliza blanquecina.

En Campaspero (Valladolid) se explota, en cuatro canteras con frentes de gran desarrollo, un nivel sub-

horizontal de 1-2 m de la Piedra de Campaspero, Calizas superiores del Páramo, que son micritas fosilíferas compactas, blanco-grisáceas, algo oquerosas.

Se extraen desde antiguo bloques de mediano tamaño que se dedican al serrado de tablas y elaboración de otras piezas de cantería en los talleres próximos. En el entorno hay asimismo numerosas canteras abandonadas, que se explotaron en el pasado.

En Villalba de los Alcores (Valladolid) se extrae, en una pequeña cantera, la *Caliza Alcor*, caliza oquerosa crema-grisácea en cierta medida parecida a la de Campaspero, pero más oscura, de las Calizas inferiores del Páramo. Asimismo, una parte se comercializa pulida como *Crema Páramo*.

Otra caliza del páramo es la *Caliza de Dueñas*, localidad próxima.

Se extrae, también en pequeña cantidad, la similar *Piedra de Caleruega*, en esa localidad burgalesa.

En numerosos lugares de las provincias de Valladolid y Palencia se han aprovechado estos materiales de las Calizas inferiores del Páramo en tiempos pasados.

Granitos

En Castilla y León solamente se explotan rocas plutónicas con términos composicionales desde leucogranitos de dos micas hasta granodioritas, si bien existe una mayor variedad de granitoides, repartidos por una extensión que representa aproximadamente el 30% de la superficie granítica española.

Suelen ser rocas muy homogéneas, de gran dureza y resistencia a las alteraciones, utilizándose como tableros serrados de grandes bloques, de tamaños próximos a 3 x 1,5 x 1,5 m, o como piedras de cantería.

Se benefician granitoides de variadas características en distintos entornos de la Zona Centroibérica, apareciendo 24 canteras activas, entre las que destacan 7 explotaciones de tamaño medio.

En la región de Sanabria (Zamora), en la unidad de La Gudiña, se extraen bloques de un gran yacimiento con ligero diaclasado, de *Gris Albero* o *Gris Mezquita*, en San Ciprián de Hermisende. Es un granito biotítico \pm moscovita de grano medio y color gris claro.

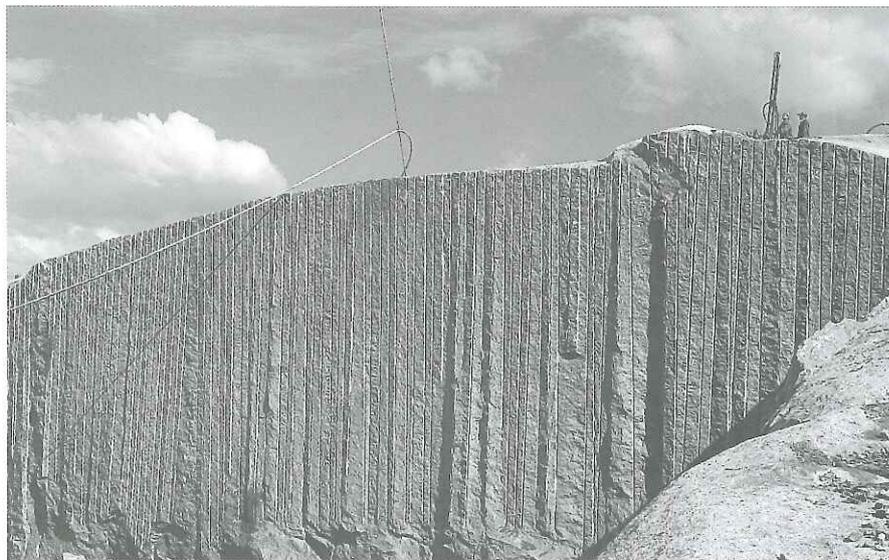


Foto 7. Cantera de granito *Azul Noche*. Junciana, Ávila.

En la penillanura salmantino-zamorana se obtienen tres variedades para pulido y dos para labra:

En Fornillos de Fermoselle (Zamora) se extraen bloques de un monte masivo dentro del dominio de un leucogranito de dos micas de grano fino, comercializado como *Silvestre* o *Dorado Sayago*, de tonos gris muy pálido o crema. En las cercanías de Bermillo de Sayago (Zamora) se encuentra un yacimiento de poco resalte topográfico de *Blanco Ibérico* o *Blanco Sayago*, leucogranito de dos micas de grano medio-grueso y color gris muy pálido-blanquecino.

Próxima a Fresno de Sayago (Zamora), en el macizo de Sayago, está la cantera del *Negro Celta*, granodiorita-monzogranito biotítico, de grano grueso-medio y tono gris medio con megacristales blanquecinos abundantes. Se extraen buenos bloques de tamaño comercial de un gran frente de arranque.

Como piedras de cantería se explotan, en los alrededores de Vitigudino (Salamanca), granitos biotíticos \pm moscovita y leucogranitos de dos micas de grano medio-grueso: el *Gris Yecla*, de color gris claro y el *Albero Peral*, de tonos más cálidos en niveles superficiales. De ambos se obtienen bloques de pequeño tamaño que posteriormente son elaborados en la zona mecánica y artesanalmente.

En el pasado se han explotado otras canteras de bloques en la comarca de Sayago, como la sienita roja de Piñuel, la cuarzomonzodiorita del oeste de Pereruela, varios monzogra-

nitos-granodioritas porfídicas (en Morral, Arcillo y Venta de Barate) o un leucogranito, similar al Blanco Sayago, en Pasariegos.

En el Sistema Central Español se localizan distintas explotaciones ubicadas en varios tipos graníticos. En *Los Santos* (Salamanca) se benefician, con el concurso de tres cooperativas y algún particular, unas rocas, de composición monzogranito y granodiorita, aflorantes en yacimientos muy masivos alomados. Son de grano medio-grueso porfídico, de tonos grises claros. Las canteras son de tamaño medio o pequeño, de cuyos frentes se extraen pequeños bloques y piezas que se elaboran en el lugar para la obtención de distintas piezas de cantería con corte mecanizado, principalmente destinadas a losas, bordillos y amueblamiento urbano. En menor cuantía y sobre el mismo tipo de granito existe una actividad similar en *Sorihuela*, localidad próxima.

En la gran área de migmatitas y granitoides inhomogéneos de Béjar-La Peña Negra, en Junciana (Ávila), se extrae el *Azul Noche* (Foto 7), en una apófisis masiva de un monzogranito biotítico de grano grueso porfídico de color gris oscuro ligeramente azulado. De los frentes de la cantera se cortan grandes bloques cuyo destino son varios aserraderos nacionales.

Al norte de Martínez (Ávila) se encuentra la cantera de *Gris Ávila*, en el granito biotítico \pm moscovita de grano fino-medio, equigranular, de color gris claro, que constituye un pequeño apuntamiento instruido en la antiformal



Foto 8. Cantera de granito Gris Villa. Villacastín, Segovia.

de Castellanos. Los bloques, de tamaño comercial, se sierran mayoritariamente en Ávila.

Una localidad con gran tradición en la elaboración de piezas de cantería es *Cardeñosa*, en Ávila, donde dos cooperativas utilizan un monzogranito de grano medio-grueso, porfídico, gris claro, que extraen de varias pequeñas canteras. Se le conoce también como Gris Ávila y es el mismo granito de Mingorría, localidad vecina que dio nombre a muchos trabajos de cantería y que actualmente no presenta actividad. Más ocasionalmente explotan asimismo un leucogranito aplítico de grano fino y medio, de tonos beige-amarillentos denominado Rubio. Son materiales utilizados en la elaboración de baldosas, bordillos y demás piezas para amueblamiento urbano y elementos constructivos.

En los alrededores de *El Hoyo de Pinares* y en Hoyocasero (Ávila), también existe una cierta actividad similar, con producciones intermitentes o menores, extrayéndose de varias pequeñas canteras otros monzogranitos.

En el macizo de Villacastín-El

Espinar hay dos variedades en explotación:

El *Gris Villa* (Foto 8) se obtiene en Villacastín (Segovia), en una cantera que beneficia un gran yacimiento de una granodiorita de grano medio prácticamente equigranular, de color gris claro, cuyos bloques se elaboran en un aserradero de esa localidad.

El *Gris Plata* o *Gris Espinar* se encuentra próximo a El Espinar (Segovia), se explotaba hasta hace poco un monte masivo de donde se extraían bloques de una granodiorita de grano medio de color gris muy claro con moteado de cristales oscuros de biotita de mayor tamaño.

En la Lastrilla (Segovia) se explota en varios frentes un yacimiento con cierto diaclasado, de un granito biotítico de grano fino homogéneo, de color gris medio, del que se obtienen pequeñas cantidades en forma de piezas de cantería y algún bloque para aserrado. Es el *Gris Segovia*.

En este momento están inactivas, por diversas causas, las canteras de: Sorihuela, donde se extrajo una sienita rojiza; El Losar (Ávila), que beneficiaba

un gran yacimiento masivo alomado, que se comercializó como *Azul Villa*; y varias localidades dedicadas a la piedra de cantería como Mingorría, Medinilla y, Casasola y Martiherrero (de donde también se extraían bloques) en Ávila, o San Miguel de Valero en Salamanca. También está inactiva, en Sobradillo de Palomares (Zamora) la cantera que explotó un granito alterado, blanquecino llamado *Arenisca de Sobradillo*.

Un material intermedio entre una arenisca y un granito es la silcreta llamada *Caleño* o *Rojo Sangrante* que se ha utilizado en monumentos de Ávila y se obtenía de las canteras de la Colilla, hoy en día paradas.

Referencias bibliográficas

- García de los Ríos, J. I. (1998): *El sector productivo de las Rocas Ornamentales en Castilla y León*. SIEMCALSA, documento interno. 108 pp. y 223 fichas.
- García de los Ríos, J. I., Báez J. M. (1994): *La Piedra en Castilla y León*. Junta de Castilla y León. 323 pp.
- Roc Maquina (1998): *Anuario - Piedras Naturales de España*.
- SIEMCALSA (1997): *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León*. Escala 1:400.000. Memoria, CD ROM y 3 mapas.

Actividades en el Colegio de Aragón

La conmemoración del XX aniversario de nuestro Colegio me sugiere una serie de reflexiones acerca del desarrollo de la profesión de geólogo en la Comunidad Autónoma de Aragón.

En 1997 se celebró el XXV aniversario de la creación en la Universidad de Zaragoza de la Sección de Geológicas dentro de la Facultad de Ciencias, por lo que su consolidación en estos últimos años ha sido uno de los hechos fundamentales del desarrollo del geólogo en nuestra comunidad y de su implantación en el tejido social, económico y cultural aragonés.

Un total de 630 licenciados han acabado la Licenciatura de Ciencias Geológicas en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

La Diputación General de Aragón, en sus departamentos de Economía, Hacienda y Fomento; Agricultura y Medio Ambiente; y Educación y Cultura ocupa a varios geólogos en sus diferentes especialidades, principalmente en Minería e Investigación Minera, Actuaciones Sectoriales de Agricultura y Medio Ambiente y de Patrimonio Geológico y Parques Culturales, que sobre todo en los últimos años han desarrollado importantes labores geológicas que han contribuido sensiblemente a dar a conocer nuestras funciones en la Comunidad Autónoma de Aragón.

Las Diputaciones Provinciales de Zaragoza y de Teruel disponen de unos servicios Geológicos, que han servido de apoyo técnico a los municipios durante los 20 años en Hidrología, Geotecnia y Medio Ambiente.

La Confederación Hidrográfica del Ebro en estos últimos años también ha incluido en sus plantillas a geólogos que desarrollan sus actividades en las áreas de planificación hidrológica, autorización de captaciones de aguas subterráneas y en el tema de aprovechamiento de gravas de cauce.

Varios parques culturales se han creado en la geografía aragonesa teniendo un peso importante el contenido geológico de los mismos.

En la Enseñanza Secundaria Obligatoria y en el Bachiller Unificado Polivalente, en las asignaturas de Geología y Ciencias Naturales imparten sus clases muchos geólogos.

Empresas mineras como ENDESA, SAMCA, M.F.U. S.A., tienen en sus departamentos a geólogos en investigación que en estos 20 años han puesto de manifiesto im-

portantes recursos minerales, energéticos y no energéticos, que se han explotado y están siendo explotados contribuyendo sensiblemente al tejido económico aragonés.

Laboratorios de Geotecnia aragoneses disponen de equipos de geólogos que intervienen en las obras civiles que se desarrollan en nuestra Comunidad.

En 1994 el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España creó la Delegación en Aragón con 74 colegiados siendo en la actualidad prácticamente 200. Hemos organizado desde entonces múltiples actividades encaminadas como determinan nuestros Estatutos a «promover la dignificación social y económica de nuestros colegiados, procurando la formación integral y el perfeccionamiento continuado de los mismos, ordenando el ejercicio de la profesión, de acuerdo con la ética y la deontología profesional». Para ello hemos contado con la colaboración siempre leal de nuestros colegiados, de las demás Delegaciones y de nuestra Sede Central.

Seguiremos en estas labores para que entremos en el siglo XXI con nuestra profesión consolidada, fomentando las acciones que configuren al geólogo para ejercerla dignamente.

Por ello trabajaremos en la renovación de nuestros Estatutos para que podamos tener determinadas nuestras funciones normativamente, en garantizar la responsabilidad civil de nuestras acciones, en los riesgos laborales que puedan estar afectados nuestros trabajos, formaremos a nuestros colegiados en las materias relacionadas con el mercado real del trabajo geológico.

Propondremos a la Universidad de Zaragoza nuevas Licenciaturas que puedan impartirse en Aragón como la Geología Tecnológica que pueda dar respuesta a las nuevas titulaciones como Ingeniería Geológica y Ciencias Ambientales que nos pueden determinar grados de competencia.

Con ello estamos seguros que el geólogo seguirá siendo en Aragón uno de los profesionales más significativos.

Joaquín Lahoz

Presidente de la Delegación del Colegio en Aragón

La enseñanza universitaria de la geología en el XX aniversario del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

La enseñanza de la Geología en España nace a finales del siglo XVIII, en relación con la formación de distintos cuerpos de funcionarios. De tal modo, que los primeros profesores que enseñaban disciplinas geológicas a los aspirantes a ingresar en los Cuerpos Técnicos de la Administración pertenecían a centros oficiales, y muy especialmente al Museo de Ciencias Naturales. En el "Reglamento General de Instrucción Pública" del "trienio liberal" (1820-1823) se contempla la creación de Cátedras de Mineralogía y Geología en las Universidades. En el "Plan General de Estudios", de 1845, aparece explícitamente Geología en los "estudios superiores", que conducen a la obtención del grado de doctor en las diferentes Facultades.

La denominada Ley Moyano, Ley de Instrucción Pública de 1857, crea, dentro de las Facultades de Ciencias, la Sección de Ciencias Naturales, en la que se cursa, Mineralogía. La enseñanza de Mineralogía y Geología, se define explícitamente, para las Facultades de Medicina, así como en las enseñanzas superiores de las Escuelas de los Cuerpos (Caminos, Minas, Agrónomos, Industriales). El tipo de Profesorado, y la misma estructura administrativa de las Escuelas Especiales, conciben esta docencia desvinculada de la investigación básica, ejercida coyunturalmente por funcionarios de los Cuerpos de Ingenieros, y muy polarizada, salvo honrosas excepciones, a la mera aplicación de la Geología a la descripción y resolución de problemas técnicos.

La primera Cátedra Universitaria de Geología en España, fuera del ámbito de las Escuelas de los Cuerpos, se crea en el año 1853 en la Universidad Central (actual Complutense de Madrid), posteriormente se desdoblaría en el año 1873, para dar dos nuevas denominaciones: *Geología* y *Paleontología*. A finales del siglo XIX se crea, en esta misma Universidad, la Cátedra de Cristalografía. Esta Cátedra se uniría a la de Mineralogía después del año 1911.

La Geología en los inicios del siglo XX, al igual que otras Ciencias, experimenta en España un impulso al que no son ajenas las actuaciones de la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, y que culmina en el XIV Congreso Geológico Internacional, celebrado en España en el año 1926.

Después de la Guerra Civil, continúa el desarrollo de la Geología dentro de las Facultades de Ciencias, prime-

ro en los años 50 se crean las Secciones de Geología, a partir de las Secciones de Naturales; posteriormente se crean, en su caso, las Facultades de Ciencias Geológicas, con un crecimiento espectacular en la calidad y cantidad de sus titulados, y en el número de Universidades en las que se imparte.

Los Geólogos titulados en Universidades se incorporan a partir de 1960, de modo lento, pero muy activo, el mundo profesional; la Geología Aplicada a las Obras Públicas, el Plan Nacional de Investigación Minera, la Exploración de Hidrocarburos, la Hidrogeología, la Exploración Geofísica..., empiezan a ser campos de actuación de unos profesionales que hacía una década se dedicaban, prácticamente en su totalidad, a la investigación básica y docencia en Geología, con una formación más acorde con esta función, que con la que es común en los campos de la Geología Aplicada.

Como respuesta a esta realidad, aparecen algunos tímidos intentos de adecuar las enseñanzas a las nuevas demandas: Doctorado en Geología Económica, Licenciatura en Geología Aplicada, y por supuesto un número elevado de Cursos, que pretendían preparar a los Licenciados en Geología para estos nuevos, y sugestivos retos. Sin embargo cuando se desarrolla la Ley de Reforma Universitaria, último y no definitivo intento por modernizar las Universidades Españolas, las Áreas de Conocimiento que se crean no contemplan esta rica variedad de la "Geología Aplicada", y se concentran en la Geología Básica. Por su parte las Politécnicas crean Áreas de Conocimiento como la Prospección e Investigación Geológica (?), Ingeniería del Terreno, en un intento de cultivar la Geología Aplicada fuera del contacto de la Geología Básica.

La Asociación de Geólogos Españoles, y el Colegio Oficial de Geólogos, se plantean desde el comienzo un doble objetivo, por un lado, que los Titulados en Ciencias Geológicas tengan competencias profesionales, y por otra parte que las Facultades y Secciones de Geología adecúen sus enseñanzas a la nueva realidad, fruto de la apertura económica y cultural de la España de los 70. Pero tampoco descuidó el Colegio los aspectos científicos. Y así, el Colegio de Geólogos, ha sido uno de los elementos movilizadores de la Geología en España. A esta actuación se debe de modo muy particular el inicio de los Congresos Geológicos de España, uno de cuyos frutos fue la Socie-

dad Geológica de España. También hay que resaltar la importancia de su presencia en la creación de los Congresos de Geoquímica, ejemplo de colaboración interprofesional. Esta actividad ha continuado hasta la actualidad en la noble tarea, no siempre bien entendida, de reciclar y formar a sus asociados.

En las Directrices Generales del Título de Licenciado en Ciencias Geológicas, el Colegio Oficial de Geólogos intentó, con cierto éxito, aumentar la carga de contenidos aplicados. Los nuevos Planes de Estudios han ido marcando hitos en este sentido. Sin embargo, puede que en la reciente creación del Título de Ingeniero Geólogo, encontremos un eslabón más de la cadena evolutiva que comenzó con una asignatura de Doctorado hace siglo y medio, pasó por las Licenciatura en Naturales, la Licenciatura en Geología, y se proyecta hacia el futuro, desde el tronco común de la Geología, hacia la Ingeniería Geológica, saludada inicialmente con cierto recelo, pero a la que las Facultades parecen incorporarse con entusiasmo.

La justificación de esta nueva dimensión de la Geología a través de la Ingeniería Geológica, puede estar en la necesidad de una mejor formación especializada en Prospección Geofísica; Geoquímica y sus aplicaciones; Sistemas de Representación; Mecánica de Rocas y Suelos; Ciencia y Tecnología de Materiales Naturales (Petrofísica); Resistencia de Materiales; Modelización Estadística, Analógica y Digital de Procesos Geológicos y Geotécnicos; Topografía; Hidrología e Hidrogeología; Cartografía Automática; Ingeniería Ambiental (Ingeniería Geoquímica); Gestión Económica de Proyectos; Legislación... Y todo ello para responder a los retos del siglo XXI: almacenamientos de residuos tóxicos y peligrosos, proyectos de grandes infraestructuras, prevención de grandes catástrofes naturales y medio ambientales, planes urbanísticos, grandes planes hidrológicos e hidro-

geológicos, la restauración del medio ambiente, la nueva minería, los arrecifes artificiales, la conquista del espacio y de los grandes fondos oceánicos... Un mundo nuevo y atractivo, que nosotros, los geólogos, podemos colaborar a hacer, o dejar que otros lo hagan sin contar con nosotros.

En este XX Aniversario del Ilustre Colegio de Geólogos, al que he dedicado algo de mi actividad profesional, y objeto continuo de mis preocupaciones y atención, una gran preocupación me asalta, la Geología en las enseñanzas medias. Los Planes de Estudio de las enseñanzas superiores han ido relegando la Geología y disciplinas relacionadas, dándose la circunstancia de que sus contenidos han ido diluyéndose interesadamente, a veces con una pérdida de los mismos y de su calidad, en otras Áreas de Conocimiento. Este retroceso en la presencia de la Geología, puede explicarse parcialmente por nuestra falta de reflejos para integrarnos en otros estudios: ingenierías ligadas a la base física del territorio, licenciaturas en Geografía, Física, Biología... Los licenciados en Ciencias Biológicas, se han convertido, a pesar de lo señalado anteriormente, y por su "crecimiento" numérico en los "maestros de Geología" de las enseñanzas medias, de modo, que en la enseñanza socialmente más extendida, enseñan Geología, profesionales que a veces no han cursado enseñanzas superiores de Geología. El efecto negativo y la gran confusión que este hecho produce, han tenido un efecto no deseado sobre el crecimiento de nuestra ciencia, y su patente incomunicación con la sociedad. Frente a esto, y con la generosidad que siempre tenemos los que estamos razonablemente seguros de nuestras convicciones, debemos defender que la base física del territorio, las leyes que rigen su comportamiento, y por lo tanto el soporte de la actividad biológica y antrópica durable está y estará siempre en la GEOLOGÍA.

Salvador Ordóñez

COLEGIO DE GEÓLOGOS

Horario (Sede Madrid)

Mañanas: De 9:00 a 14:00. Tardes: De 16:00 a 19:00

Teléfono 915 532 403

El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Crónica de dos décadas de anda-dura

Hace un tiempo, miembros de la Junta del Colegio me comentaron que estaban considerando la posibilidad de que, aprovechando que este año nuestro Colegio alcanza sus dos décadas de existencia, los Presidentes del ICOG escribiésemos al respecto algunas de nuestras opiniones y experiencias al respecto de la profesión.

Siempre que alguien me hace este tipo de sugerencias me entra un escalofrío por la espalda, pues nunca sabes si las experiencias que tú conoces y has vivido son ya del interés de los demás o sólo algo que se ha quedado enredado en los jirones del tiempo y, por lo tanto, es más función del historiador que del simple lector de un artículo de divulgación. No obstante voy a arriesgarme, y procuraré evitar el problema centrándome, preferentemente, en analizar la situación y los problemas que tiene hoy en día la profesión más que en revisar las situaciones pasadas y, ya olvidadas para muchos. De todas formas para poder evaluar las situaciones actuales debemos conocer cuál era la situación inicial de la que se partía, y cuáles los principales avatares que ha habido que ir sorteando entre todos, con mayor o menor acierto.

Aquellos pocos que hemos tenido la posibilidad de compartir el nacimiento y crecimiento del Colegio con nuestro propio desarrollo profesional y humano, al mirar hacia atrás podemos sentirnos orgullosos del camino realizado hasta ahora y de la mayoría de los logros conseguidos, muchos de los cuales eran impensables en el momento que la Institución Profesional inició su andadura en 1979.

Es cierto que no todo ha sido como habríamos querido la mayoría de los **GEÓLOGOS** de este país. Que han existido actuaciones y circunstancias que han supuesto retrocesos en el avance lento pero constante del colectivo hacia su integración total en el entramado social, económico y político del país.

Pero, ¿nos acordamos todos de cómo se produjo aquel nacimiento, de cuál era el entorno socio-profesional, dónde se originó y cuáles los antecedentes que facilitaron que el Colegio se gestase?

El ayer

En una sociedad como la española de la década de los 60, totalmente desestructurada y compartimentada, sin unas mínimas garantías democráticas y donde la corrupción administrativa y política era asfixiante, donde el derecho de libertad de cátedra no se contemplaba, cuando la igualdad de oportunidades para ocupar diferentes puestos en la Administración era una mera entelequia y donde las nuevas profesiones que iniciaban su andadura eran materialmente ignoradas y postergadas de cualquier puesto de responsabilidad, tanto en el ámbito público como en el privado, *era imprescindible aprovechar los pocos cauces de libertad, expresión y desarrollo que el sistema político dejaba*, tanto a nivel político

como profesional. Por ello, a finales de la década, un grupo de compañeros del mundo universitario y de la empresa deciden aprovechar la Ley de Asociaciones, entonces vigente, para constituir el primer germen de una estructura geológica profesional: la Asociación de Geólogos Españoles (A.G.E.), cuyos Estatutos son presentados el 24 de febrero de 1968.

La principal labor de esta Asociación fue preparar el camino para conseguir que la Administración española reconociese a los **Geólogos** como cualquier otra profesión de las colegiadas existentes. No obstante hay que esperar hasta la promulgación de la Ley 2/1974 de Colegios Profesionales, de 13 de febrero, donde se reglamenta, mediante una legislación única, una serie de normas y disposiciones dispersas y de distinto rango que venían regulando, hasta entonces, las profesiones colegiadas.

En dicha Ley, en su Art. 1, se definen los Colegios Profesionales en el Estado español como:

“Corporaciones de derecho público, amparadas por la ley y reconocidas por el Estado, con personalidad jurídica propia y plena capacidad para el cumplimiento de sus fines” y en el Art. 3 se recogen los fines de los Colegios:

“Son fines esenciales de estas Corporaciones la ordenación del ejercicio de las profesiones, la representación exclusiva de las mismas y la defensa de los intereses profesionales de los colegiados...”

Durante los míticos 70 el trabajo del AGE no es fácil ni gratificante. Por una parte el colectivo no contaba con ningún apoyo exterior, pues falto de representación y experiencia política no tenía cauces para dialogar con la Administración española y, además, contaba con la oposición frontal y dura de algunas profesiones que veían en los geólogos nuevos competidores con una mejor y más completa formación.

Tampoco desde el ámbito interno se obtenían grandes éxitos. Ya que al tratarse de una nueva profesión con poca experiencia social, con formas de desarrollar el trabajo muy poco convencionales para la época y con un alto grado de individualismo entre sus miembros; todo ello no despertaba el entusiasmo e interés suficiente entre el colectivo, de cara a una integración masiva dentro de la Asociación, sino más bien de una forma lenta e intermitente.

Finalmente y tras largas y arduas vicisitudes, tanto políticas como administrativas, se consigue que el Colegio Oficial de Geólogos se constituya mediante la Ley 73/1978, de 26 de diciembre, publicándose el 11 de enero de 1979 (B.O.E. nº 10), escasos días después de haberse aprobado la Constitución Española, norma legal máxima que regula nuestra vida democrática.

Los Estatutos definitivos se aprueban mediante el Real Decreto 1709/1981, de 19 de junio, y en ellos, entre otras cosas, se regulan: constitución y fines, funciones, organización, derechos y deberes de los colegiados, formas del ejercicio de la profesión, distinciones y sanciones, actividades científicas, culturales, sociales y asistenciales, etc.

El hoy

En la actualidad, y debido al desarrollo autonómico del estado español, se ha diseñado un nuevo texto legislativo, Ley 7/1997 de 14 de abril, que modifica diferentes aspectos de la Ley de Colegios Profesionales de 1974 y que ha obligado a todos los Colegios Profesionales del país a adaptar sus estatutos al nuevo texto legal, por lo cual en este momento se está a la espera del dictamen correspondiente del Ministerio de Medio Ambiente sobre los nuevos textos estatutarios presentados en 1998.

No obstante en estos veinte años de vida, el ICOG ha pasado por diferentes etapas y situaciones, difíciles y peligrosas algunas y agradables y reconfortantes otras; pero el resultado final de la experiencia ha sido totalmente satisfactorio. El prestigio alcanzado por la profesión, el acceso de nuestros profesionales a diferentes competencias en la Administración, la presencia de los geólogos y la Geología en los medios sociales y políticos del país, el conocimiento del Colegio por parte de los estudiantes, etc. son algunos de los logros más importantes alcanzados durante este tiempo.

Pero no pensemos que tenemos todo logrado: la disminución del índice de paro entre nuestros profesionales, el normalizar las relaciones con la Universidad y hacer oír la voz de los profesionales en los Planes de Estudios, una mayor integración en Europa y en sus estructuras, despertar una mayor conciencia de colectivo entre nuestros geólogos, prepararnos de cara a los retos tecnológicos y profesionales que introducirá el siglo XXI, la presencia de nuevas profesiones que vengan a asentarse en nuestro mismo nicho ecológico son algunos de los aspectos en los que hay que incidir con fuerza en los próximos años si pretendemos servir más y mejor a nuestro colectivo y por ende a la sociedad, y la única forma de superarlos será permaneciendo unidos alrededor del Colegio como institución y asumiendo un espíritu de profesión que aún está muy distante de ser el adecuado.

Antes de concluir este pequeño repaso por la historia del Colegio Oficial de Geólogos y, por ende, de sus profesionales, no quiero dejar de hacer mención expresa a dos hechos muy relacionados con él y que alcanzan interés primordial durante este año 1999, me refiero al 150 Aniversario del Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) y a la creación de la nueva carrera de Ingeniero Geólogo. Cualquiera de estos temas tiene suficiente interés por sí solos como para escribir uno o varios artículos, pero no quiero desperdiciar esta ocasión que se me brinda para hacer un breve comentario sobre ellos.

En el caso del Instituto Tecnológico Geominero de España, para casi todos siempre será "El Geológico", creo que es inútil decir demasiado al respecto pues la mayoría tenéis el suficiente conocimiento del Organismo como para que parezca inútil hacer demasiados comentarios al respecto. Ahora bien, estamos celebrando el siglo y medio del principal centro geológico del país, del organismo que más geólogos y licenciados en Geología acoge de todo el territorio nacional y que ha sido motor, en años pasados, de la contratación masiva de profesionales de la geología para enfrentarse a una serie de proyectos y programas de ámbito nacional: MAGNA, PNIM, PNAMP, FOMAR, PIAS, PES, que cubrían los campos de la geología regional y cartografía, investigación de recursos minerales, evaluación hidrogeológica del territorio, investigación de fondos marinos, etc.

Las relaciones del ITGE (antes IGME) con el ICOG han sido próximas aunque no todo lo estrechas que deberían de haber sido. No obstante no hay que olvidar que siempre se ha contado con la exponsorización y apoyo del Instituto para muchos de los actos e iniciativas que se propugnaron desde

el ICOG, cuyo mayor hito fue la organización entre las dos instituciones, junto con la Sociedad Geológica de España, del III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología, realizado en Salamanca en 1992, que hasta ahora ha sido el que mayor número de congresistas ha alcanzado y el que dispuso de mayor presupuesto para su realización (unos 60 millones de pesetas). Por lo tanto, y aunque los lazos de colaboración entre el ITGE-ICOG deben fortalecerse y tener mayor entidad que los alcanzados hasta ahora, todos los colegiados debemos alegrarnos con lo que para la Geología y el país supone que se produzca el 150 cumpleaños de la primera institución geológica de España, algo que sólo algunos pocos países pueden decir.

Aunque el contenido de mi artículo está tratando de cumpleaños y felicitaciones, como no podía ser menos dados los actos donde se engloba, por desgracia otra cosa supone el segundo tema que voy a comentar; me refiero al contenido del R.D. 666/1999, de 23 de abril, donde el Gobierno establece el Título Universitario Oficial de Ingeniero Geólogo, publicado en el BOE del 7 de mayo.

No quisiera pecar de pesimista, pero me temo que el daño que se puede causar a la profesión sea irreparable. No hay más que revisar el Programa que se adjunta en el Real Decreto para observar que se ha copiado casi íntegramente el de la actual Licenciatura en Geología, reforzándolo en los aspectos geotécnicos y de geología aplicada, inclusive en recursos minerales. No entiendo, de todas formas, los intereses que pueden mover a algunas personas a potenciar acciones como éstas, con falsos planteamientos de "abrir más la profesión a las necesidades del mercado". Ojalá los resultados futuros no me den la razón, pero me temo que la existencia de dos titulados que se denominen *Licenciado en Geología e Ingeniero Geólogo* son incompatibles con la estructura socio-laboral del país y que, una de ellas, ocupará totalmente el puesto de la anterior.

Mención aparte, y no de menor importancia, es la denominación elegida para este nuevo título universitario: Ingeniero Geólogo.

Esta denominación engloba, en un solo epígrafe, el tipo de título universitario elegido (licenciado/ingeniero) junto con la denominación profesional del sujeto (geólogo); algo que ha sido el eterno caballo de batalla en los modernos colegios profesionales: "la profesión no se alcanza con el título universitario sino con el desarrollo de los conocimientos aprendidos en la Universidad", al salir de la facultad correspondiente con un título en la mano este te reconoce como: Licenciado en Medicina, en Geología, en Derecho, en Farmacia, etc. y es el ejercicio de la profesión, ejercida dentro del correspondiente Colegio Profesional, la que te convierte en Médico, Geólogo, Abogado, Farmacéutico, etc.

Pues bien, ahora y con este nuevo título, el Gobierno acaba de descubrir la cuadratura del círculo; pues va a permitir, de una sola tacada (si se me permite la expresión), que un alumno que finalice esta carrera obtenga a la vez dos títulos diferentes: uno académico (ingeniero) y otro profesional (geólogo) y, este último, sin tener en cuenta para nada al Colegio Profesional correspondiente que, hasta ahora, era el único organismo legalmente reconocido para dar la denominación de Geólogos a sus colegiados, como ejercientes de una profesión regulada legalmente en este país y en la Unión Europea.

Soy escéptico ante los recursos legales en este país, pero espero que estos comentarios puedan servirle a nuestra actual Junta de Gobierno para que incida en esos aspectos en su lucha para tratar de parar tamaña ilegalidad.

José Manuel Baltuille Martín
Presidente del ICOG (enero-junio de 1992)
Colegiado 33

Pavimentos tradicionales de las calles de Madrid

Sandra Martín Moreno

Dra. en Ciencias Geológicas, U.D. de Geología Aplicada a las Obras Públicas, Dpto. de Ingeniería y Morfología del Terreno, E.T.S.I.C.C. y P. de la U.P.M.

Teresa Sánchez Lázaro

Dra. en Historia del Arte, U.D. de Historia y Estética de la Ingeniería, Dpto. de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente, E.T.S.I.C.C. y P. de la U.P.M.

La evolución de los medios de locomoción ha ido condicionado históricamente a la utilización de materiales distintos para la construcción de los pavimentos. Se establece una relación de los diferentes tipos de pavimentos que se dieron en Madrid, ordenados más o menos cronológicamente.

En el proceso histórico de formación de las ciudades hubo un momento, documentado en la edad media, en que el suelo natural, más o menos alisado, empezó a resultar incapaz de resistir la creciente agresión de peatones, animales y carros. En tiempo lluvioso se convertía en un lodazal intransitable, y en un molesto productor de polvo en las épocas secas. Por otra parte, los habitantes de la ciudad aspiraban a una mayor comodidad e higiene que los del campo.

Estas y otras muchas razones condujeron al hombre urbano a la sustitución del suelo artificial recubriéndolo con otro artificial o pavimento, cuyo coste elevado podía afrontarse al dividirlo entre un elevado número de usuarios contribuyentes.

Los materiales aplicados a la pavimentación fueron, en principio, los mismos que se aplicaban en la construcción: la piedra, que no ha dejado nunca de ser el componente fundamental, la madera, muy ocasionalmente, la cal en sus formas de mortero (cal y arena) y hormigón (mortero y piedras), y el ladrillo.

La industrialización aportó el cemento, y la irrupción del automóvil, ya en pleno siglo XX, al exigir pavimentos lisos, limpios, coherentes y elásticos impuso un tipo de pavimentos específicos: los bituminosos (el alquitrán procedente de la destilación de la hulla, el asfalto natural y el asfalto procedente de la destilación del petróleo).

Muchas son las condiciones que ha de cumplir un pavimento y al ser contrapuestas entre sí, no es posible satisfacerlas plenamente todas. Por ello, pode-

mos decir que el pavimento ideal no existe, y hay que optar por una solución de compromiso adecuada a cada caso.

Pueden considerarse dos grupos de condicionantes: los económicos y los funcionales. En el primero hemos de considerar, al menos, el coste de instalación, la duración y el mantenimiento. El segundo grupo, más complejo y de carácter más técnico, comprende dos subgrupos cronológicos: antes y después del automóvil. Hasta la aparición del automóvil los pavimentos debían ser lo más adecuados posible al tránsito de peatones, animales de carga o tiro, carros y coches de tracción animal.

La circulación de peatones demandaba un suelo liso sin llegar al pulimento que lo haría resbaladizo y, como se decía en los manuales del siglo XIX, evitando los que, por sus aristas cortantes, fueran «altamente perjudiciales para el calzado». (1)

Los animales necesitaban suelos rugosos y poco abrasivos, donde herraduras y cascos de caballo pudieran hacer firme sin resonar.

El carro, con su llanta metálica y estrecha es, con mucha diferencia, el agente más destructor para el pavimento. Más pronto o más tarde producirá roderas y disgregará las caras vistas de las piedras, especialmente en las aristas paralelas a la dirección de la marcha. El pavimento para carros ha de ser liso (contraposición con los animales), duro, con alta resistencia a la compresión, no deleznable y lo bastante elástico para absorber sin fractura las vibraciones producidas por el rodaje; además, las piedras deben ir asenta-



Canteras de basalto en Ciudad Real, abastecedoras de adoquines para la pavimentación de Madrid a partir de 1915, foto de Ruiz y López, Francisco, «Los pavimentos modernos de Madrid», *Revista de Obras públicas*, 1945, p. 28.

das y tomadas con arena y no con mortero, pues si se toman con mortero se sueldan y forman una capa rígida que se rompe.

La aparición del automóvil introduce nuevos modos de agresión sobre el pavimento (poderosos esfuerzos tangenciales producidos por el peso y las aceleraciones, succión debida a los neumáticos de caucho, etc.) imponiéndole severas condiciones de rugosidad, coherencia, elasticidad, ausencia de polvo, etc.

Para no exceder el marco histórico de este trabajo, no entraremos en el inagotable tema de los pavimentos especiales para automóviles.

Volviendo a los pavimentos pre-automovilísticos, los que por su comportamiento se aproximaron más a las múltiples exigencias fueron, sin duda, los empedrados, constituidos por piedras de diversas formas y tamaños, asentados, como queda dicho, sobre un lecho arenoso.

Procedencia y descripción de los materiales

Se empieza utilizando el ruego del Manzanares y los sílex del Terciario, al que se le van añadiendo encintados y bordillos de granito de la Sierra, que se encuentran a algo más de 20 kilómetros del casco histórico, en Colmenar Viejo, y algo más lejos en otras localidades; y se pasa a la utilización del

granito cuando el sistema de carreterías se desarrolla. Más tarde, se mejora la calidad del material, por la vía de explotación de los pórfidos y granitos porfídicos de la Sierra.

Cuando hace su aparición el Ferrocarril, a mediados del s. XIX, aparte de propiciarse la explotación masiva de las rocas hipogénicas y filonianas del Guadarrama (hasta el punto, incluso, de ponerse en servicio una línea de vía estrecha, específica para estos beneficios, entre Villalba y los predios de El Berrocal), se comienza a traer a Madrid las rocas volcánicas, principalmente basálticas, de El Campo de Calatrava (Ciudad Real).

Hemos establecido una relación de distintos tipos de pavimentos que se dieron en Madrid, según una evolución más o menos cronológica y que son los siguientes:

- empedrados de morrillo.
- empedrados de cuña.
- empedrados de viejo adoquinado.
- adoquinado moderno.
- pavimentos de madera o entarugados.
- otros firmes: enlosados y macadam.

Empedrados de morrillo

Son los formados por ruegos o cantos de río, en su estado natural y sin ninguna preparación. Generalmente, dichos cantos son de cuarzo más o me-

nos puro, de distintos colores o tonalidades, predominando la melar.

Este tipo de empedrado, se empleó tradicionalmente en Madrid desde el medievo, pues la fuente de extracción del material está próxima, las terrazas del Manzanares; pero también se traía de los terrenos cercanos a las localidades de Vicálvaro, Vallecas y Coslada.

La primera referencia escrita que hemos logrado encontrar sobre empedrados está fechada bajo el reinado de los Reyes Católicos (2), que dice «... era voluntad de los Reyes que para la limpieza de la Villa y sus arrabales, se empedre...»

Por numerosas referencias recogidas en el Archivo de Villa podemos afirmar que en el reinado de los Austrias seguían existiendo este tipo de pavimentos.

A principios del s. XVII se nombran los «comisarios de empedrados» y en número de 7, pues en aquella época Madrid estaba dividido en siete cuarteles y se establecieron las condiciones con las cuales se han de empedrar.

Se utilizó con gran profesión el empedrado de morrillo en el s. XVIII, e incluso, a partir de entonces, empezó a coexistir con otros tipos de pavimentos como son el empedrado de cuñas y el adoquinado, llegando hasta nuestros días. El año 1767 es la primera vez que se nombra el empedrado de paralelepípedos de pedernal en simultaneidad con el de ruegos.

Son escasas las noticias de cual fuese el tamaño preferido para empedrar en las épocas citadas, aunque algunos autores escueta y muy gráficamente dicen que no pasaba del tamaño de un «puño». «La piedra de morrillo será de la figura de cabeza de perro, la menor de tamaño del puño con cinco dedos o seis de tizón... cada cargo será de 40 arrobas y de 400 cantos lo mas» como figura en el Archivo de Villa. A través de la documentación consultada, llegamos a la conclusión de que el tamaño más usual, es algo inferior al «mediano» (12 cm), y un poco menor en los últimos tiempos. Se deduce fácilmente, teniendo en cuenta la densidad previsible del material, que el decímetro esférico equivalente de los cantos máximos es de 11,4 cm. El mínimo queda expresado anteriormente en ese lenguaje práctico que los medía en puños y dedos. Resumiendo, en esta época el canto de «Cabeza de Perro» era semejante a 10 cm. Téngase en

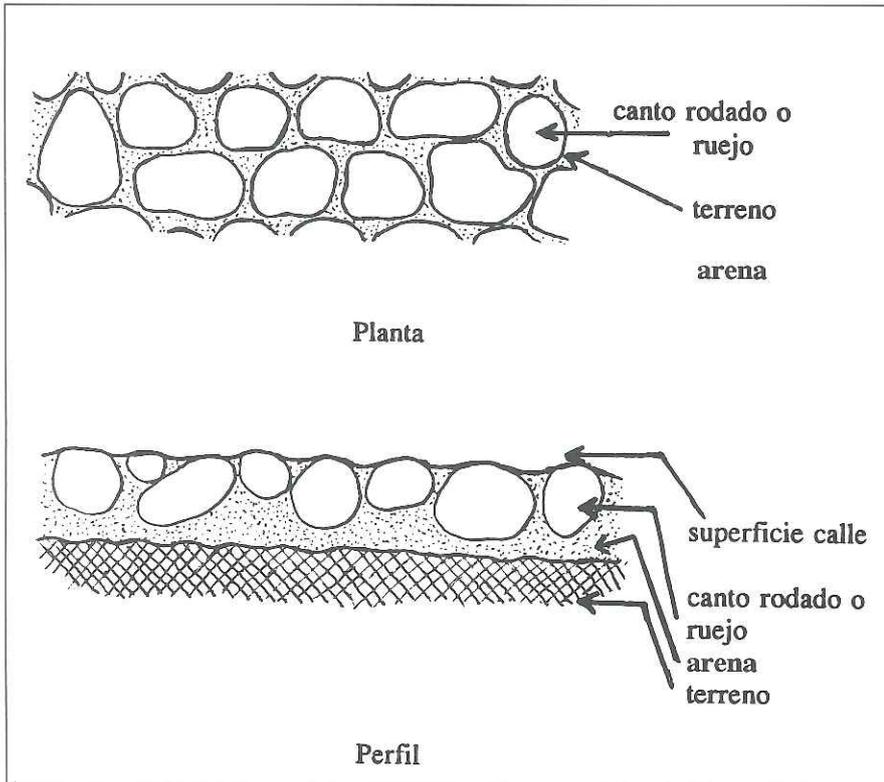


Figura 1. Empedrado de morrillo.

cuenta que en un principio, las ordenanzas del empedrado marcaban costes repartidos entre la Villa y sus vecinos, quienes no elegirían tamaños muy pequeños para no tener que invertir mas tiempo en su «colocación», ni tan gruesos que dificultasen las operaciones de selección.

Pensamos que el pedernal de tamaño grande se reservaba para su utilización en el otro tipo de empedrado (el de cuña), pues se tenían establecidas unas determinadas medidas de los componentes, y por eso, se redujo el tamaño de los cantos para empedrar o reempedrar con morrillo, en las últimas épocas; y además, porque se disponía de medios más avanzados que antaño para que su construcción fuera mas rápida, la Villa ahorrara dinero en el pago de salarios al «Cuerpo de empedradores» o de «Conservadores de empedrados».

El pavimento resultante como puede deducirse de la **figura 1**, era más bien imperfecto por las desiguales formas de los ruegos.

Los empedrados de morrillo presentaban las siguientes ventajas: facilidad de obtención y extracción de los ruegos componentes, así como de colocación; cercanía de los yacimientos; bajo coste; dureza del material; ofrecía buena resistencia, transmitía las cargas

y no era excesivamente perturbador de la rodadura; apropiado para las caballerías.

Los inconvenientes de estos empedrados eran: molestos para los carruajes debido a su superficie irregular requiriendo un elevado esfuerzo de tracción para la rodadura; poca durabilidad (pues los cantos se desprendían fácilmente); cierta fragilidad; bastante permeabilidad; ruidosos por el traqueteo e incómodos para los peatones por el polvo y barro que acumulaban.

Empedrados de cuña

Llamados también de paralelepípedos, son los constituidos por piedra de pedernal o sílex toscamente tallado (con forma y tamaños determinados) y tierra arenosa. Se le conocía también como «de pedernal vivo». La procedencia del material para este tipo de empedrados, nos remiten sistemáticamente a las canteras de Vallecas y de Vicalvaro, pero Salvador Calderón en 1910 dice «... en la actualidad el sílex ordinario, de color atenuado, blanco o claro de Getafe, se usa en el empedrado de las calles de la capital y en los cimientos de las tapias» (4).

No se han encontrado referencias

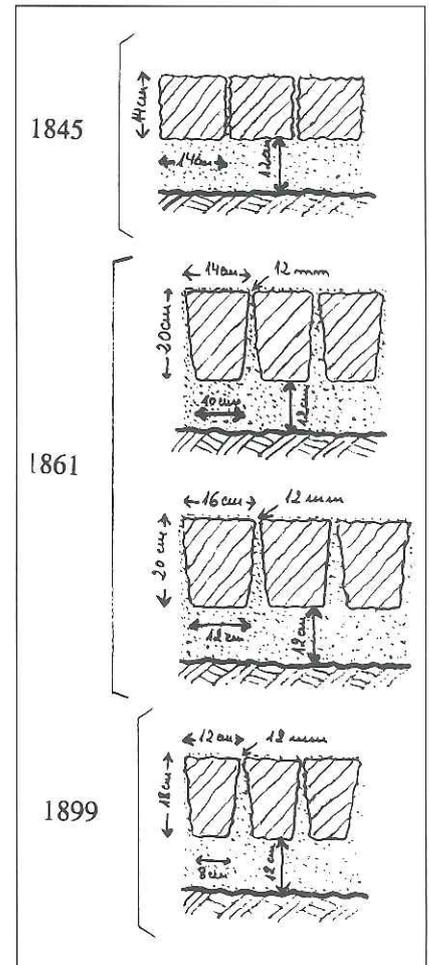


Figura 2. Diferentes dimensiones del empedrado de cuña (perfil).

en cuanto a su primera utilización, pero es en 1767 cuando por primera vez se nombra el empedrado de paralelepípedos de pedernal en simultaneidad con el de morrillo.

Las referencias que encontramos en cuanto a las forma de las cuñas en el transcurrir del tiempo, no varían, pero si lo hacen respecto al tamaño. La forma generalmente era la de una pirámide recta truncada invertida de base cuadrada o rectangular; dicha forma se obtenía mediante una labra lo mas esmerada posible y antes de perder el agua la cantera, por ser quebradizo este material. Puede imaginarse la dificultad de la talla de un mineral de dureza 7 en la escala de Mohs y cuya condición favorable es la de la fractura concoidea. Las distintas dimensiones de las cuñas podemos verlas esquemáticamente representadas en la **figura 2**.

El empedrado de cuña tenía la ventaja respecto al de morrillo que si bien disponía del mismo material, sus componentes al ser más uniformes tan-



Extracción de bloques y preparación de adoquines de granito porfídico en un frente de cantera, foto de Ruiz y López, Francisco, «Los pavimentos modernos de Madrid», *Revista de Obras públicas*, 1945, p. 28.

to de tamaño como en su disposición, igualaban las superficies y en consecuencia la durabilidad era mayor, sin necesidad de constantes reparaciones y también tener mejor asientos. Como ejemplo de esto que decimos, tomamos como referencia un escrito firmado por el Sobrestante Mayor del Ramo de Empeдрados de 1827 del Archivo de Villa: «... las calles que están empedradas de cuña no tiene comparación ni duración con las que están de morrillo, éstas hay que recomponerlas o remendarlas todos los años, aquellas no hay que tocarlas ni en veinte...»

Sin embargo los inconvenientes de este tipo de empedrado residían en la difícil labra, mayor carestía que los rúejos, canteras menos masivas y mayor costo.

Empeдрados de viejo adoquinado

Bajo esta denominación englobamos a los pavimentos constituidos por adoquines de «piedra berroqueña», como se les conocía desde la primera vez que se emplearon.

Fue en 1665, bajo el reinado de Carlos II, cuando se acordó empedrar de «encajonado de adoquines de berroqueño» desde la entrada del Consejo de órdenes hasta la calle de la Casa del Tesoro (actual Plaza de Oriente, según Pascual Madoz en 1848.

Ya en los empedrados de morrillo

y de cuña, comentábamos que a partir de un determinado momento llegaron a coexistir ambos, e incluso con los «adoquines», pues bien, bajo el reinado de Carlos III y sobre todo a partir de la «Instrucción de Sabatini» es cuando se hacen más abundantes.

Sabemos, por ejemplo, de un experimento ideado por el propio Sabatini para empedrar la mitad de la Carrera de San Jerónimo con pedernal y la otra mitad con baldosas de piedra berroqueña, para así saber cual de los dos tramos ofrecía mayores ventajas para su uso, según la durabilidad y comodidad, y poder deducir los costes.

Son muchas las referencias encontradas en el Archivo de Villa-Libro de Acuerdos, a lo largo del s. XVIII que nos dicen del uso de este empedrado o «viejo adoquinado» como: las calles del Gracia, Infantas, Torres, Turco, Baño, Visitación, Príncipe, de la Cruz, Barquillo, Caballero de Gracia, del Pez, Alcalá, etc.

Son tantos los escritos encontrados al respecto que vienen a demostrar que era mucho el empeño por cambiar el aspecto de la Villa, pues se continúa sin descanso en la labor de los empedrados y limpieza de ella.

Es ya a principios del siglo XIX cuando se fijan unas «condiciones» que se han de cumplir para los empedrados y que consta de 8 puntos.

Este tipo de pavimento que llamamos «Empeдрado de viejo adoquinado» se refiere al de adoquín de piedra

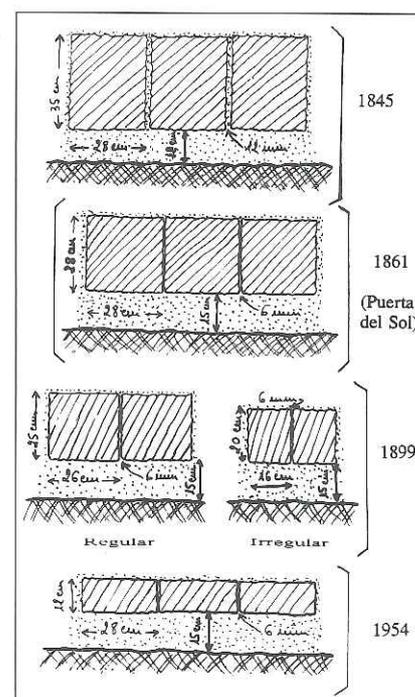


Figura 3. Diferentes empedrados de viejo adoquinado (perfil).

berroqueña o de granito, pero engloba en sí dos tipos de empedrados, que sólo se diferenciaban, según algunos autores, por su forma y que en consecuencia llamaban de dos distintas maneras:

- empedrados de prisma (viejo adoquinado regular).
- empedrados de pedrusco (viejo adoquinado irregular).

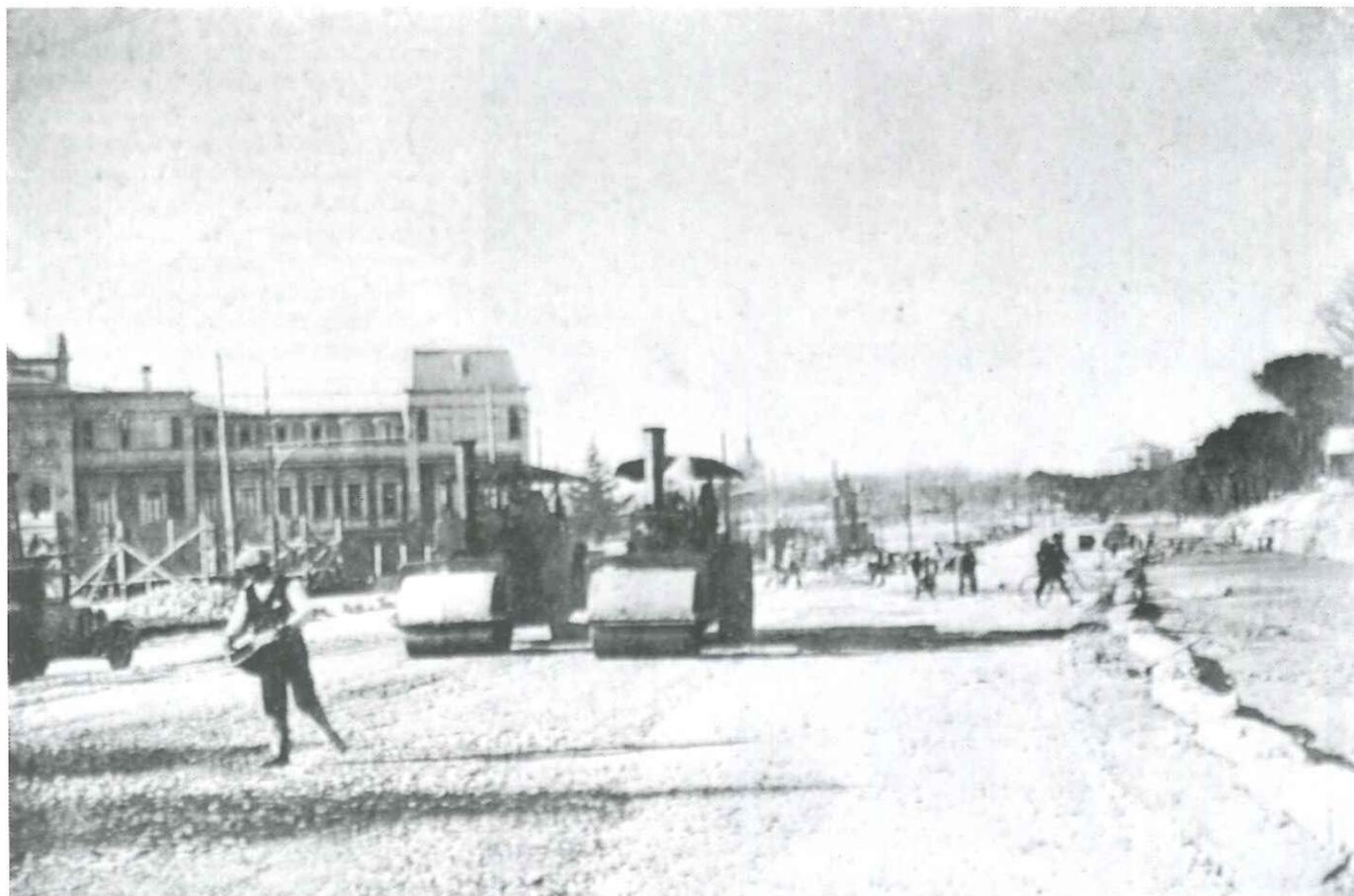
En el Archivo de Villa se encuentran numerosas referencias de calles de Madrid en las que se emplearon ambos tipos de este viejo adoquinado y como ejemplo, citaremos uno de cada:

Empeдрar de adoquín irregular en la Calle de Bordadores (1867).

Presupuesto para empedrar con prisma la Calle del Príncipe entre la del Prado y Huertas (1895).

Mariano de Castro Guerrero en 1899 afirma: «... el empedrado de prisma y el de pedrusco, ambos de granito de la Sierra de Guadarrama y constituyen la inmensa mayoría de los empleados en Madrid...» (5). Vemos como en medio siglo, el granito de la Sierra ha desplazado casi a los otros sistemas.

La calidad del granito era generalmente buena, poco o casi nada alterado, de grano mas bien grueso, duro y de relativa gran consistencia, aunque de difícil talla. En 1857, Carlos María de Castro dice: «El granito conocido en el país con el nombre de piedra be-



Apisonadoras de vapor en uso en Madrid alrededor de 1950, foto de Escario, José Luis, *Caminos*, 1956, tomo II, p. 667.

roqueña, de color azulado ó gris, de grano menudo y en que sus componentes se hallan perfectamente mezclados en su masa, es el que se ha empleado en la construcción de los adoquines para los empedrados de las calles principales de esta Corte y se explota en las canteras de Torrelodones, Galapagar y otros puntos de la Sierra de Guadarrama siendo su peso específico de 2,61 a 2,95 y pudiendo resistir hasta el aplastamiento una carga de 7614,45 libras por pulgada cuadrada o sea 650 kilogramos por centímetro cuadrado» (6).

En cuanto a la forma y tamaño de los adoquines encontramos algunos variantes a lo largo de su historia, aunque no muy importantes; según distintas referencias podemos resumirlos en la **figura 3**.

Las ventajas que podemos señalar al comparar el empedrado de viejo adoquinado con los empedrados de morrillo o de cuña, son las de conseguir superficies más regulares, de mayor resistencia y menor desgaste por impacto, que permitían un tráfico más intenso y rápido. También, la mayor

facilidad y comodidad de la colocación de dichos adoquines, realizándose grandes superficies de suelo con relativa rapidez, perfectamente empedrados y de agradable aspecto.

Pero también tenía sus inconvenientes: necesitaba mucha labor de facetado en juntas, producía polvo cristalino y era muy sonoro. Además, cuando el granito empleado no era de gran dureza, se redondeaban pronto las aristas, produciéndose las llamadas «calaveras» con bastante frecuencia como resultado del golpeo de las llantas metálicas de los carruajes en los bordes de los adoquines o en épocas posteriores, cuando ya circulaban los automóviles, y si el pavimento tenía mucho tiempo, el tráfico se hacía molesto, lento y perjudicial incluso para los vehículos. Así mismo, respecto a los anteriores empedrados, resultaba más caro tanto en su colocación como en mantenimiento. Dependiendo del tamaño de grano, variaba la dureza de los adoquines y en consecuencia incidía en la del adoquinado: a menor tamaño, mejor comportamiento y como resultado, menor gasto de mantenimiento.

Adoquinado moderno

Bajo esta denominación englobamos los pavimentos de adoquines de rocas efusivas (volcánicas y filonianas), rocas endógenas (granitoideas) y de rocas sedimentarias. Es decir: basaltos, pórfidos diabásicos, granitos, pórfidos graníticos, areniscas y calizas.

Aparecieron en las primeras épocas de este siglo, y sin olvidar que aún transitaban carruajes o vehículos de tracción animal, se buscaba el mejor acondicionamiento a las exigencias del tráfico más intenso y más moderno. Por todo ello, debían reunir las siguientes condiciones: resistentes a la deformación permanente, suavidad a la rodadura, no excesivo resbalamiento, grandes cargas unitarias, continuidad, limpieza, higiene, estética y conservación barata, cómoda y fácil.

La forma de pavimentar también se modificó y en vez de empedrar o adoquinar como los anteriores sobre una capa de arena pasó a realizarse sobre un cimientado de hormigón de unos 15 o 20 cm de espesor y un lecho de mortero.



John London Mac Adam, creador de la técnica de pavimentos de piedra partida que alcanzó más difusión.

Los tamaños y dimensiones de los adoquines en relación con el tipo de roca, mas empleados en Madrid, los dejó claramente expuestos Francisco Hernández-Pacheco en 1954, pero podemos resumir en unos tamaños medios que oscilarían de 19 x 12 x 11 cm, los denominados «tacos» de 12 x 12 x 14 cm a los llamados por los franceses «*petit pavé*», adoquines cúbicos de 8 a 10 cm de lado, muy buenos para el tránsito ligero, incluso intenso, aunque desaconsejable para la gran carretería. También se hicieron otros grandes para

tramos horizontales (26 x 13 x 15 cm) que abarataban la mano de obra y el rejunto lateral.

En cuanto a la naturaleza del material y a su lugar de procedencia podemos señalar que este adoquinado moderno, como tenemos apuntado más arriba, era de:

– *granito de grano grueso (biotítico)*, se empleó aunque no profusamente al ser más fácilmente alterable y su resistencia al desgaste y la dureza de la roca estaba determinada, generalmente, por la mayor o menor alterabi-

lidad de la ortosa. Se extraía de algunas canteras próximas a Moralzarzal, El Berrocal, La Pedriza, etc.

– *microgranitos: leucogranitos* y podríamos clasificarlos como *granodioritas*. Poco alterado y de mayor dureza, resistencia al desgaste y a la carga que los anteriores. Precisamente por esto, y por resultar más difícil los trabajos de talla y labra, al principio fueron rechazados para adoquines, pero más tarde fue cuando se vio que compensaba aquello, dado el excelente resultado que daban. Su procedencia eran las canteras de Zarzalejo, Alpedrete y del plutón de Cadalso de los Vidrios.

– *granito porfídico*: procedente también de las canteras de Zarzalejo y de Alpedrete, es en apariencia semejante a los anteriores pero en el que destacan los fenocristales de cuarzo y ortosa. También se extrajeron grandes cantidades de las canteras de Avila, y principalmente de la denominada «La Colilla».

– *pórfido granítico: oscuro*, pues en la pasta microcristalina es abundante la biotita, destacando en ella los cristales de cuarzo y ortosa. Canteras de Zarzalejo y Alpedrete. Excelentes para la pavimentación por su dureza y resistencia al desgaste.

– *pórfido diabásico*: color gris muy oscuro, y a veces, con tonalidad verdosa; muy apreciado para adoquinar por ser roca compacta, muy dura, de gran resistencia, de difícil fractura pero fácil de tallar. Principalmente se extrajeron de las proximidades de Colmenar Viejo y en menor medida de las de Collado Mediano.

Cuando se requerían adoquines de tonalidad muy oscura, éstos desbancaron a los basaltos que se traían de la provincia de Ciudad Real, por ofrecer mejores condiciones y estar más próximos.

– *Basaltos*: color gris más bien oscuro, ásperos al tacto, duros, fractura concoidea y de fácil talla, pero como estas rocas volcánicas no eran homogéneas pues unas se podían encontrar bien cristalizadas y compactas y otras sin embargo, con abundante masa vítrea, esto hacía que en el pavimento, estas desigualdades se acentuaran en cuanto a resistencia, dureza, desgaste, etc. Es decir, según fuera “el basalto”, podía dar buen o mal resultado.

– *Arenisca*: en Madrid fue prácticamente nula su utilización para este

menester, aunque si hemos encontrado una cita bibliográfica de 1865, que de constancia de ello, al menos como "proyecto". Constancia tenemos de haberse empleado para pavimentos en París, Valencia, Bilbao y Barcelona.

– *Caliza*: procedente de las Calizas de los Páramos, llamada también "Piedra de Colmenar" por extraerse principalmente de Colmenar de Oreja, se trabaja fácilmente en ella. Aunque para pavimentos no se empleó profusamente por tener un rápido desgaste, hemos de señalar que ya se utilizó en el siglo V por los romanos como material de *las teselas* de los pavimentos de mosaico.

Las ventajas e inconvenientes de este *Adoquinado moderno* son, obviamente, semejantes a las que hemos descrito para los *Empedrados de viejo adoquinado*, que resumiendo eran de un comportamiento muy aceptable tanto para animales como para carros y tolerable para peatones, y un coste considerablemente elevado al requerir un tallaje esmerado de las seis caras.

A finales de la primera mitad del s. XIX aparecen en Madrid *los pavimentos de madera o entarugados*. Esta modalidad de pavimento traída de Londres arraigó poco, aunque sin duda tuvo sus seguidores y detractores. En 1841, el Ayuntamiento eligió la calle de Peligros para ensayar en ella este nuevo pavimento porque, sin ser de gran extensión ni anchura, tenían el suficiente tránsito de carruajes para que se viese su posible utilidad.

Pavimentos de madera o entarugados

De 1847, encontramos una referencia en el Archivo de Villa "*Sobre recomponer el pavimento de madera de la Calle Angosta de Peligros*".

La verdad es que su poco buen resultado fue patente. Las razones exactas no se saben; quizás no se preparó el piso con la solidez que se debía, se puso poco cuidado en su recomposición, o bien porque la madera no era la adecuada y las lluvias la dañaron y pudrieron pronto; lo cierto es que, supuso más bien un gasto grande para su ejecución y hubo que quitarlo en 1848, reemplazándolo por el de adoquines (nuevo entonces).

En 1878 se ensayó el empedrado de madera en la Calle del León.

Mariano de Castro Guerrero en

1899, al referirse a los *Pavimentos de las calles de Madrid* (7), hace de los entarugados un análisis relativamente amplio, porque con palabras suyas: "*Tan malo ha sido el resultado obtenido por esta clase de pavimentos, que no sólo no se construyen actualmente, sino que han desaparecido de las calles del Arenal, Príncipe, Carlos III, Plaza de Isabel II y Carrera de San Jerónimo, y sólo se conservan en las de Sevilla, Peligros y Barquillo. Por esta razón me ocupo de ellos*". A continuación pasa a analizar las causas que según él han podido motivar tan mal resultado. El propio sistema en sí, la mala elección de las maderas, las muchas alternativas de sequedad-humedad, poca limpieza y los frecuentes y mal aplicados riegos; la facilidad para pudrirse la madera, desgastarse rápidamente y a la abundancia de los nudos en la madera produciendo oquedades al saltar éstos, inutilizando no sólo el tarugo que los contiene, sino también los próximos.

Otros firmes: enlosado, macadam

Aunque en Madrid se emplearon muy poco, se puede mencionar también el enlosado, que eran piedras de sección transversal muy amplia, mucho más anchas que altas, con cinco caras cuidadosamente talladas (la vista y cuatro laterales). Muy cómodo para peatones y muy poco adecuado para animales, su aplicación se limitó a las aceras y el coste era elevado.

Concluiremos con una somera mención de un firme que, aún siendo de piedra, no reunía las características de un empedrado ni recibió nunca tal nombre. Nos referimos al introducido por el británico John Mac Adam a principios del siglo XIX. Concebido para la carretera y aplicado a ella masivamente, fue también ampliamente aceptado en las vías urbanas de las zonas de ensanche.

Los pavimentos de macadam ofrecían un bajo coste de construcción y buena duración si el mantenimiento era asiduo, su comportamiento era aceptable para carros y animales, y todavía prestó servicio a la circulación automovil durante largos años hasta su sustitución por los pavimentos asfálticos. Como es sabido, su comportamiento ante el automóvil dejaba mucho que desear.

La aportación fundamental de Mac Adam fue el uso exclusivo de piedra machacada a pie de obra, cuyas agudas aristas, al ser fracturadas por la compactación, producían el enclave o encaje parcial de una piedras con otras, al mismo tiempo que los detritus rellenaban los huecos, resultando de todo ello una notable consolidación del conjunto.

La piedra, machacada y controlada su granulometría por cribado, era extendida y compactada por tongadas sucesivas hasta alcanzar el espesor previsto, terminando con un recebo de arena también compactado.

La importancia del pavimento macadam en vías urbanas fue tal que, al aparecer en el mercado las apisonadoras de vapor, los ayuntamientos importantes fueron sus primeros compradores y usuarios, ya que la aplicación de estas máquinas mejoraba mucho la calidad, al tiempo que facilitaba la construcción y el mantenimiento de los pavimentos de piedra machacada. Las primeras apisonadoras de vapor llegaron a la ciudad de Madrid hacia 1883, casi veinte años después de su comercialización en Inglaterra. En 1899 Mariano de Castro escribe en el artículo citado que las apisonadoras de vapor en uso en España «*tal vez no lleguen a una docena*» (8).

En las primeras décadas del siglo XX empezaron a aplicarse riegos asfálticos a los firmes de macadam, con lo que se evitaba el polvo, uno de sus inconvenientes principales. Estos pavimentos ya se parecían bastante a los empleados en la actualidad.

Referencias bibliográficas

- (1) De Castro, Carlos María, *Apuntes acerca de los empedrados de Madrid*, 1857, pág. 49.
- (2) Archivo de Villa de Madrid –Libro de Acuerdos del Concejo Madrileño, 12 de enero de 1843.
- (3) Todas las firmas de todos los documentos que se mencionan del Archivo de Villa, pueden consultarse en Martín Moreno, Sandra, "Los materiales pétreos tradicionales de construcción en Madrid", E.T.S.I.C.C. y P. de la U.P.M., 1994.
- (4) Calderón, Salvador, *Los minerales de España*, Madrid, 1910.
- (5) De Castro Guerrero, Mariano, "Consideraciones sobre los afirmados de Madrid", *Revista de Obras Públicas*, 1899, nº 1257.
- (6) De Castro, Carlos María, op. cit.
- (7) De Castro Guerrero, Mariano, "Los pavimentos de las calles de Madrid", *Revista de Obras Públicas*, 1899, nº 1256, págs. 413-415.
- (8) De Castro Guerrero, Mariano, op. cit. en (5), págs. 425-427.

La investigación e innovación como futuro del sector de las rocas ornamentales y materiales de construcción. **EL INTROMAC**

La inauguración del Instituto Tecnológico de las Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción **INTROMAC** por el Excmo. Sr. D. Juan Carlos Rodríguez Ibarra, Presidente de la Junta de Extremadura, el día 8 de abril de 1999, ha supuesto la coronación de las aspiraciones de la I+D del sector de las Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción en Extremadura.

El rápido avance, evolución y ampliación de los mercados del ámbito de la Construcción determina la necesidad de una mayor calidad y seguridad de trabajos, técnicas, servicios y productos.

La evolución tecnológica de la sociedad actual obliga a las empresas a realizar un gran esfuerzo inversor, de adaptación de procesos productivos, cambio de cultura empresarial con el fin de lograr la adaptación a los nuevos niveles tecnológicos exigidos por el mercado, que reclama una eficacia que sólo puede lograrse a través de la incorporación de nuevas tecnologías a las empresas.

Así nace el **INTROMAC** como **entidad con ánimo de servicio** a las empresas del sector de las rocas ornamentales y materiales de construcción para **Apoyarlas y Asesorarlas** en ese afán de adaptación tecnológica y búsqueda de medios de ampliación de los mercados de venta y realización de obra.

El **INTROMAC** se crea como Consorcio por el **Decreto 149/1998, de 22 de diciembre** (B.O.E nº 150, de 31 de diciembre de 1998), en el que se acuerda la participación de la Junta de Extremadura, a través de la Consejería de Economía, Industria y Hacienda, en el Consorcio para la Gestión del Instituto Tecnológico de las Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción (**INTROMAC**) y se aprueban sus Estatutos. Se nombra como Gerente a D. Alfonso Perianes Valle. En él participan diferentes organismos públicos y privados, como: JUNTA DE EXTREMADURA. Consejería de Economía, Industria y Hacienda. Sociedad de Fomento Industrial de Extremadura (**SOFIEX**). Asociación Extremeña de Granitos y otras Piedras Naturales (**PINAEX**). Asociación Provincial de

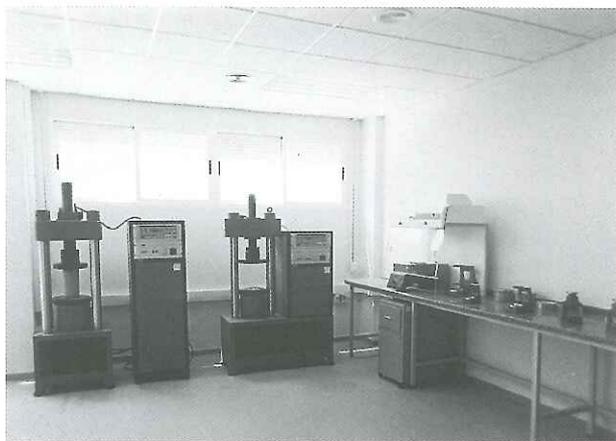


Empresarios de la Construcción de Badajoz (**APDECOBA**). Federación Provincial de Pequeños y Medianos Empresarios de la Construcción de Cáceres (**PYMECON**). Federación Provincial de Empresarios de la Construcción de Cáceres (**FECONS**). Asociación Regional de Almacenistas y Fabricantes de Materiales de Construcción de Extremadura (**ALFAMEX**).

El **INTROMAC** se ubica dentro del Campus Universitario de la UEX, próximo a la Escuela Politécnica y a otros centros de características técnico-científicas de investigación, con los que puede establecer acuerdos de colaboración incorporando investigadores y medios técnicos.

Ocupa una parcela de 58.650 m², totalmente urbanizada. La superficie construida es de 3.510,13 m², y se distribuye de la siguiente forma: un **Edificio Central** (2.483,46 m² en dos módulos, que en planta tiene forma de macla cristalográfica) y una **Nave Industrial** (1.014,42 m²).

Es una entidad **sin ánimo de lucro** que presta sus servicios a nivel Regional, Nacional y en la Unión Europea a las industrias del sector de las rocas ornamentales y materiales de construcción. Las funciones del **INTROMAC** son:



Investigación y desarrollo tecnológico

El sector ha de contar con una infraestructura de vanguardia que dará a sus productos un alto valor añadido y competitividad en el mercado. Dicha infraestructura ha de alcanzarse por investigación y desarrollo tecnológico adaptado a los caracteres inherentes de las industrias de la región. El proceso de investigación cubrirá cinco acciones principales:

Investigación y evaluación de los recursos

Esta línea de acción tiene como finalidad la caracterización y evaluación sistemática de los recursos de la región. Las principales actuaciones dentro de este área serán:

- Caracterización estructural, química, física y mecánica de las rocas.
- Caracterización mineralógica y petrográfica de las rocas.
- Investigación geológico-minera y análisis estructural de yacimientos.
- Desarrollo de sistemas de información y análisis mediante el empleo de nuevas técnicas informáticas (SIGs).
- Aplicación de estas nuevas tecnologías para la investigación y caracterización de los yacimientos.

I+D de Extracción

Esta línea de acción está orientada a conocer la idoneidad de una técnica de extracción determinada a un tipo de roca determinado. Por otro lado, deberá ir encaminado a la búsqueda, investigación y desarrollo de nuevas técnicas mineras de extracción.

I+D de Fabricación

Esta línea de acción establecerá los estudios necesarios para conocer los tratamientos (presentes y futuros) a

que se podrán someter los productos a transformar, así como los estudios para conocer que tipo de producto comercial se obtendrá. Las áreas principales de investigación serán:

- Técnicas de trituración, clasificación, molienda, lavado, diseño de plantas.
- Técnicas de aserrado, pulido, flameado, abujardado y otros acabados. Exfoliación.
- Técnicas de amasado, homogeneización, secado y cocido de materiales arcillosos.
- Técnicas de elaboración de derivados de cementos y hormigones.
- Técnicas de mezclas asfálticas y nuevos métodos de aplicación.

I+D de Acabados y Productos Finales

Dirigida a la obtención de nuevos productos elaborados, con nuevas aplicaciones y mejora de la calidad de los productos finales. La evolución de los mercados con saturación de productos maduros exige una investigación permanente en esta fase de la producción, con mejora de la calidad y nuevas formas de acabados de rocas ornamentales, optimización de resistencia de hormigones con áridos mejor tratados y seleccionados, nuevas aplicaciones de derivados del cemento, acabados de fachadas, obtención de mezclas asfálticas con mejora de la rentabilidad y mayor período de vida.

I+D en Residuos, Restauración y Medio Ambiente

La sensibilidad creada en materia medio ambiental afecta de forma directa a las industrias de los sectores considerados por cuanto altera el uso del suelo en el caso de las extractivas, o produce un elevado volumen de residuos en fábricas, que es preciso tratar o eliminar.

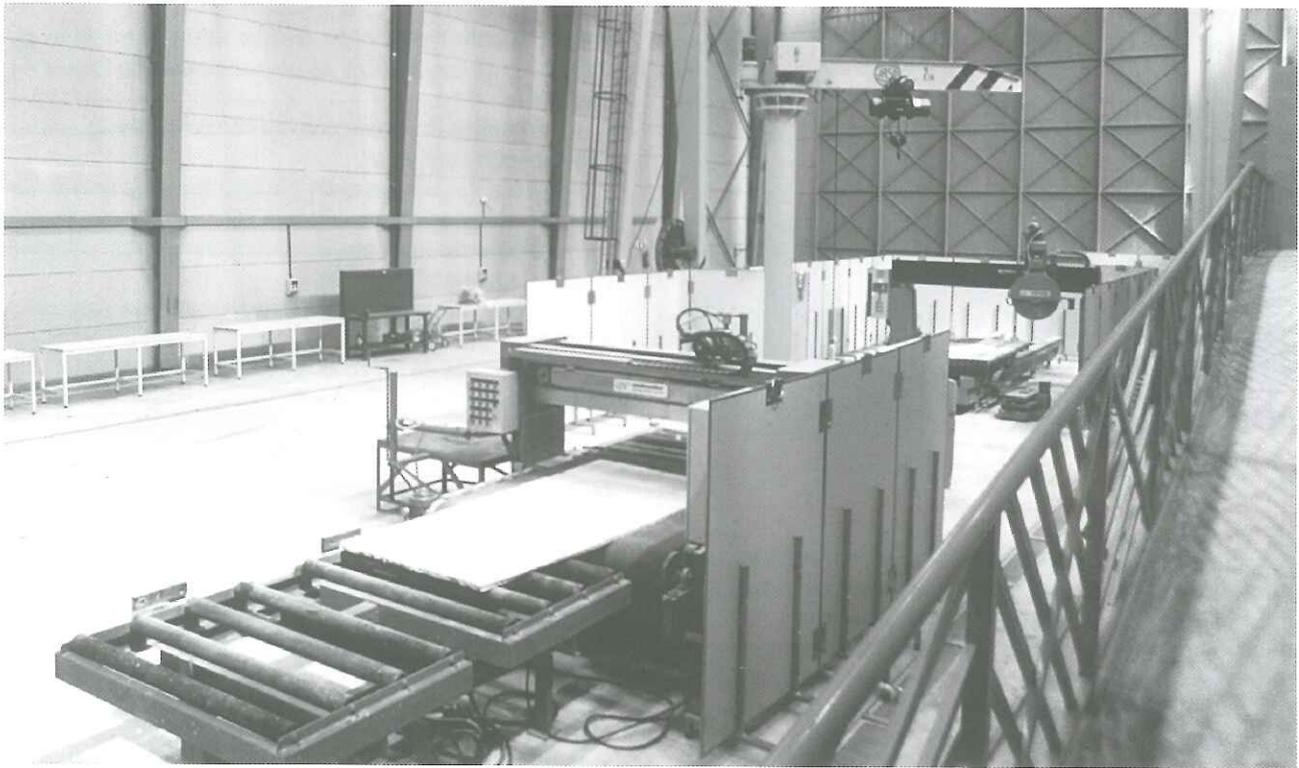
Las nuevas legislaciones en materia medio ambiental son cada vez más rigurosas y exigen de una adaptación tecnológica en esta materia.

Aprovechamiento de Residuos. Los residuos producidos tanto en industrias de extracción como de transformación, son generalmente productos de menor tamaño pero de iguales características que la roca extraída y/o transformada. Los campos industriales de utilización secundaria podrán ser los de la construcción, creación artesanal, piedra artificial, construcción viaria, etc...

En caso de no aplicación directa deberá procederse a su eliminación a los menores costes posibles, e incluso su posible uso en actividades muy diferenciadas, (correctores de suelo, abrasivos, y mezclas en pinturas... etc.)

Restauración de obras en piedra. La restauración de obras es un hecho real creado ante la actual demanda de roca existente en el mantenimiento y restauración del Patrimonio Histórico-Artístico existente tanto en el ámbito de la Comunidad Autónoma como a nivel Nacional.

Se logrará un conocimiento de las «enfermedades» de la piedra, prevención y remedio y en su caso la utilización



y sustitución de dichas piedras por otras que reúnan las características y calidades requeridas.

Evaluación del impacto y restauración medio ambiental. Reducir al máximo los impactos sobre el paisaje, fauna, flora, agua, ruido y polvo en los procesos de extracción y fabricación, mediante el empleo de las técnicas más avanzadas existentes, así como la investigación de nuevos métodos que puedan resultar más eficaces y a un menor costo.

Certificación y homologación

La calidad de los materiales de construcción está afectada por nuevas normativas y especificaciones técnicas, que son de obligado cumplimiento. La certificación y homologación de productos es cada día más necesaria y suponen auténticas barreras técnicas impuestas por los mercados.

Los métodos de análisis se adaptarán a las normas establecidas por la Comunidad Europea para Normalización y en particular la Directiva 89/106/CEE relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre los productos de construcción, aplicada a nivel nacional en el RD 1630/1992 de 29 de Diciembre por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción.

Promoción y comercialización sectorial

Su finalidad es la promoción para un mejor desarro-

llo del sector. Dicha promoción se dirigirá desde el ámbito regional al nacional e internacional. Atenderá tanto a la promoción empresarial como a la de los productos acabados producidos en Extremadura, orientándola hacia aquellos agentes relacionados con el sector, como constructores, prescriptores en general, e incluso público directo para determinadas aplicaciones.

La actuación coordinada de ésta acción con el resto de las acciones previstas es primordial tanto para la colocación de los productos como para la detección de las nuevas tendencias de los mercados.

Formación, información y asesoramiento

La formación profesional pretende mantener un reciclaje continuo de empresarios, titulados técnicos y operarios, formar profesionales en la fabricación, extracción, transformación y colocación. Estos son aspectos muy importantes que inciden de manera directa a la calidad integral del producto.

La información empresarial requiere conocimientos sobre situaciones de mercados, nuevos mercados existentes, oferta-demanda, nuevas tecnologías, tendencias, etc. Se potenciará también la información técnica como medio de mantener un reciclaje formativo.

En cuanto al asesoramiento, el empresario puede utilizar actualmente el ofertado por diferentes organismos que cubren las distintas áreas del desarrollo del sector. No obstante, se considera muy positivo que el empresario obtenga el asesoramiento global de todas las etapas del proceso en un mismo organismo.

Laboratorio de ensayos

Laboratorio de Análisis Químico General, Cementos y Agua. Difractómetro. Laboratorio de Productos Cerámicos. Laboratorio de Mineralogía-Petrografía. Laboratorio de Rocas Ornamentales. Laboratorio de Áridos, Hormigones, Suelos y Betunes. Laboratorio de Prensas y Ensayos Físicos. Laboratorio de Verificación de Contadores de Gas y Agua. Laboratorio de Verificación de Contadores de Electricidad.

La relación de ensayos que se realizan inicialmente y que podrá ampliarse según las necesidades de las empresas son los siguientes:

NORMAS	ENSAYOS
ROCAS ORNAMENTALES	
Granitos y Mármoles	
	Petrografía y Clasificación
UNE 22172	Absorción y Peso específico aparente.
UNE 22182	
UNE 22173	Resistencia al desgaste.
UNE 22183	
UNE 22174	Resistencia a las heladas.
UNE 22184	
UNE 22175	Resistencia a la compresión.
UNE 22185	
UNE 22176	Resistencia a la flexión.
UNE 22186	
UNE 22177	Módulo elástico.
UNE 22187	
UNE 22178	Microdureza Knoop.
UNE 22188	
UNE 22179	Resistencia al choque.
UNE 22189	
	Resistencia a los cambios térmicos.
	Compresión tras heladicidad.
Pizarras	
UNE 22190 EX: Productos de pizarra para tejados inclinados y revestimientos.	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud y anchura. • Rectitud de los bordes. • Rectangularidad. • Espesor de piezas embaladas. • Espesor individual. • Planeidad. • Resistencia a la flexión. • Absorción de agua. • Hielo - deshielo. • Contenido en carbonatos. • Exposición al dióxido de azufre. • Ciclos térmicos. • Estudio petrográfico.
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
	Análisis químico.
	Análisis mineralógico.
	Difracción de Rayos X
	Porosimetría de mercurio.
	Estereopícnómetro de helio.
ARIDOS, HORMIGONES, CEMENTOS, SUELOS, PRODUCTOS CERÁMICOS.	
Normativa UNE - EN.	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio para control de calidad en la edificación en las áreas: • Area de control de hormigón en masa, de cemento, de áridos y de agua. • Area de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos. • Area de toma de muestras inalteradas, ensayos y pruebas "in situ" de suelos.

Servicios empresariales

Investigación y Desarrollo:

- Realización de diagnósticos tecnológicos.
- Colaboración y asesoramiento en la realización de investigaciones de nuevos productos, equipos, procesos y servicios innovadores en la empresa. Proyectos I+D.
- Análisis de mejora de productos, equipos, procesos y servicios.
- Definición y desarrollo de proyectos de I+D para las PYMES.
- Localización, adaptación y transferencia de nuevas tecnologías para las PYMES.
- Análisis de perspectiva tecnológica industrial.

Certificación y Homologación:

- Control de calidad de productos a través de ensayos de laboratorio normalizados Normas UNE - EN. Determinación de características estructurales, mineralógica - petrográfica, química y física de los productos. Certificación de productos.
- Ensayo y certificación de productos y materiales de construcción y caracterización de rocas ornamentales.
- Verificación de contadores de agua, gas y electricidad.

Promoción y Comercialización Sectorial:

- Asesoramiento sobre mercados y tecnologías.
- Estrategias comerciales, productos sustitutivos y chequeos de productos innovadores.
- Fomento de la innovación, planes de empresa y mejora de competitividad.

- Promoción conjunta de resultados, procesos y productos.
- Sistema de información comercial.
- Presencia en reuniones especializadas (simposios, ferias, exposiciones, etc.).

Formación e Información

Consta de Salas de Proyección y Exposición, Aulas de Formación y Biblioteca para :

- Programas de formación e información especializada.
- Introducción de tecnologías de información.
- Divulgación de resultados y programas de apoyo regionales, nacionales y comunitarios.
- Jornadas, Conferencias y Cursos técnicos específicos.
- Centro de Documentación y Biblioteca Técnica.
- Acceso a Bases de datos.

Sala de Juntas:

- Sala de reunión de empresas.

D. Alfonso Perianes Valle. Ingeniero de Minas. Director General de Ordenación Industrial, Energía y Minas. Consejería de Economía, Industria y Hacienda. Junta de Extremadura.

D. Pedro García Isidro. Ingeniero Técnico de Minas. Jefe de Servicio de Ordenación Industrial, Energía y Minas. Dirección General de Ordenación Industrial, Energía y Minas.

D. Alfonso de las Llanderas López. Geólogo. Técnico de la Dirección General de Ordenación Industrial, Energía y Minas.



GEÓLOGOS DEL MUNDO WORLD GEOLOGISTS



- Prevenir desastres naturales
- Corregir efectos de los mismos
- Abastecimientos de agua
- Logística de campamentos
- Proyectos de Desarrollo

Colabora con nosotros, hazte socio

Avda. Reina Victoria, 8 4º B Madrid- España Telf.: 915 532 403 Fax: 915 330 343 <http://tierra.rediris.es/ong>

“Añada dirección a su sedimentología”

INTEGRACIÓN DE DATOS DE ORIENTACIÓN JUNTO con el análisis de facies, es vital para la interpretación de unidades de flujo dentro del reservorio. Esta tarea suele ser difícil con datos del testigo por sí solo. Baker Atlas Geoscience, le ofrece análisis de uno o varios pozos a diferentes escalas. Somos especialistas en el análisis sedimentológico de dipmeters, imágenes de pozo y testigos. Nosotros le integramos estos datos del sondeo para ofrecerle una descripción detallada del reservorio en un formato ideal para que lo incluya dentro de sus aplicaciones de modelado y simulación de reservorios.

Escala microscópica

- Análisis petrográficos, diagénesis, investigación de la calidad del reservorio.
- Caracterización de la permeabilidad utilizando un permeámetro de sonda.

Escala del reservorio

- Interpretación de facies a partir del testigo, dipmeters e imágenes de pozo.
- Goniometría de testigos orientados o no-orientados, tanto en testigos completos como en lajas de 2/3.
- Análisis de paleotransporte, reconocimiento de la pendiente tectónica, orientación de cuerpos arenosos.
- Digitalización de fotos de testigo.

Escala regional

- Medio deposicional, reconstrucción del ambiente, predicción del paleoclima.
- Caracterización del reservorio incluyendo zonación según las facies y propiedades estratificadas del reservorio.
- Aplicación de los conceptos de secuencia estratigráfica para la identificación de unidades sedimentarias genéticas y proposición de correlaciones del campo.



Sedimentos fluviales Permo-Triásicos, Burghead, Moray (Escocia).
Fotografía cortesía de Andy Duncan


**BAKER
HUGHES**

Baker Atlas
GEOScience
INCORPORATING Z&S GEOSCIENCE

RECALL
eXpress®
Horizon®
Optima®
Seislink®
PETROS
INCLINE
SPATIAL

“Los especialistas en caracterización de reservorios”

Para más información contacte su oficina regional de Baker Atlas Geoscience:

EUROPE, & AFRICA (44) 1224 822555
NORTH AMERICA & LATIN AMERICA: (1) 281 445 0767
MIDDLE EAST: (973) 212234
ASIA & PACIFIC: (61) 8 9322 4244

o para más información sobre nuestras oficinas locales, visítanos en la internet en: <http://www.zands.com/>

Gemología, una ciencia en alza

Cristina Sapalski Roselló

Geóloga. Vicepresidenta del Instituto Gemológico Español.

La gemología es una ciencia viva, que avanza, cada día. La idea de la imagen de un gemólogo con los dos instrumentos que tradicionalmente han utilizado, la lupa y el ojo clínico, hoy no son suficientes.

Vivimos una época de descubrimiento de ciencias perdidas. La gemología es sin duda una de ellas.

Podríamos hacernos la pregunta de ¿cuándo descubre el hombre esta ciencia?, probablemente es tan antigua como la vida misma. Los hombres prehistóricos en contacto directo con la naturaleza, ven objetos que brillan, minerales de forma cristalina que mejoran su brillo al frotarlos unos con otros, minerales de bellos colores y transparencia; el hombre acaba de descubrir la Gemología.

Fueron tal vez las perlas la primera gema conocida, es posible que así sea, pues además no necesitan de ningún tratamiento para resaltar su belleza.

Poco a poco el conocimiento que los hombres van teniendo de las gemas, va creciendo, pero no es hasta principios del siglo XX cuando sucede el definitivo resurgir de esta ciencia.

En la actualidad la gemología es una ciencia independiente pero a la vez relacionada con la mineralogía ya que se estudian las diferentes propiedades, composición, estructura y yacimientos minerales. Se ocupa del estudio de las piedras preciosas, de su identificación y separación de aquellas obtenidas por síntesis, además de las imitaciones y de los tratamientos que en ellas se realizan.

En España no es hasta los años sesenta, en que la gemología como ciencia adquiere carta de naturaleza propia en nuestro país.

En el año 67, un grupo de joyeros reunidos alrededor de Don Argimiro Santos, el español que sin lugar a dudas tenía más conocimiento de esta ciencia, decidieron la creación de un

Instituto dedicado exclusivamente a la Gemología.

De aquellos días a los momentos actuales han pasado muchas cosas y han cambiado otras tantas.

Hace aún no demasiado tiempo, a todos los especialistas en piedras preciosas nos resultaba relativamente fácil identificar lo natural de lo sintético. Lejos estamos hoy de las primeras fabricaciones hacia 1890 de rubíes sintéticos Verneuil con pronunciadas curvas de crecimiento y grandes burbujas de gas, que fácilmente se identificaban como hechos por la mano del hombre.

Pero el tiempo pasa... comienza una nueva etapa... ya no se trata de que las piedras sintéticas tengan cada vez menos cosas en su interior...

¡Todo lo contrario! El hombre intenta fabricar gemas con inclusiones cada vez más similares a las que se producen en la naturaleza.

En las últimas décadas el mercado de las gemas se ha complicado tremendamente, la técnica ha evolucionado de tal forma que ha hecho que los nuevos conocimientos se empleen no sólo en la fabricación de materiales cada vez más difíciles de identificar, sino también, y cada vez en mayor medida, en todo tipo de tratamientos, muchos de ellos fraudulentos, que se llevan a cabo para mejorar muchas gemas sobre todo las más importantes: diamante, rubí, zafiro, esmeralda, jade, etc.

Desde principios de los 70 ha llegado al mercado internacional gran cantidad de material sintético producido por distintos fabricantes. Durante décadas los científicos rusos han sido capaces de experimentar y desarrollar en Novosibirsk en Siberia Oriental, métodos para producir una amplia va-

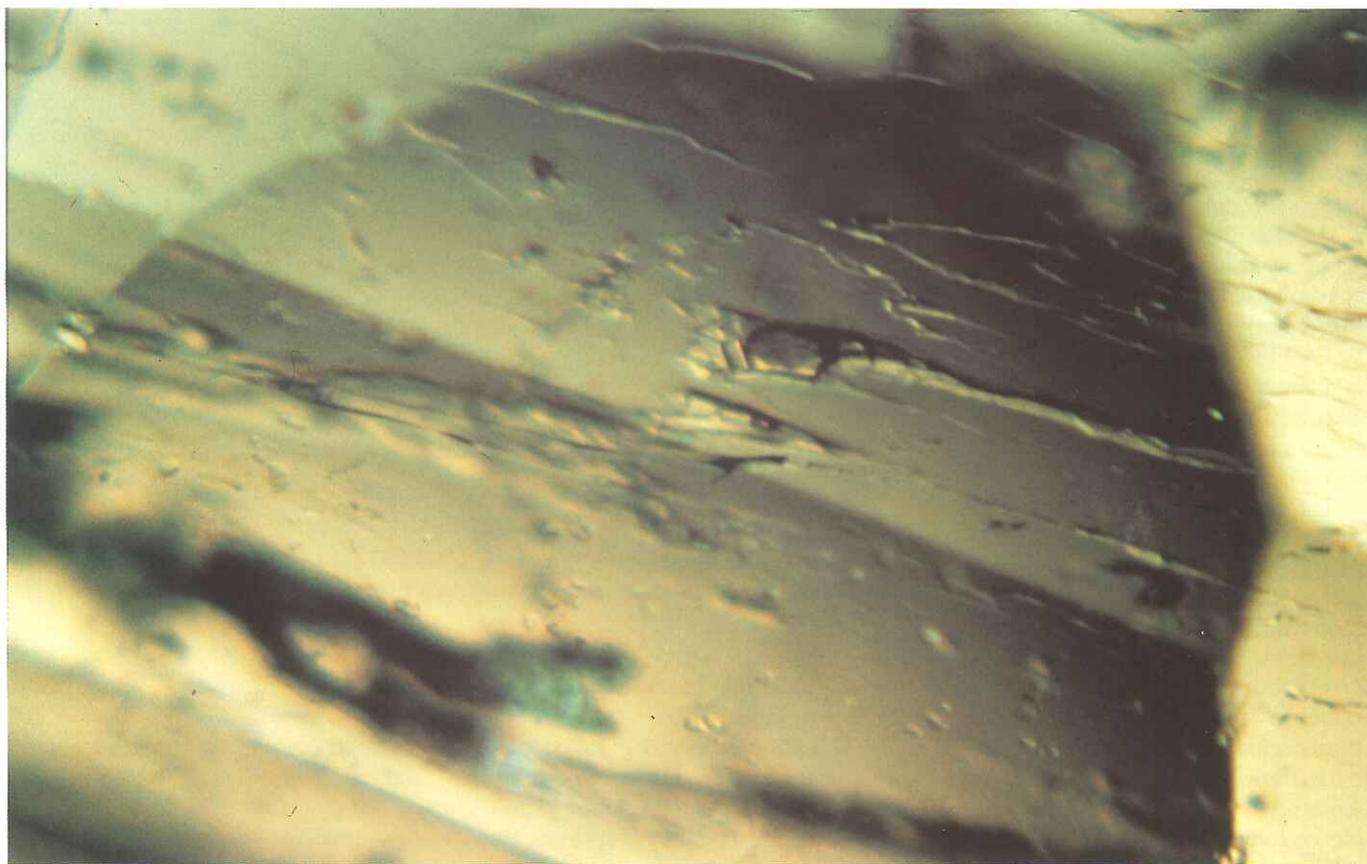


Foto 1. Sustancia coloreada en esmeralda.

riedad de materiales gema sintéticos. Debido a que las antiguas restricciones comerciales que afectaban a estos productos han sido eliminadas por el desarrollo político de los últimos años, en la actualidad el mercado se ha visto invadido por todos estos nuevos productos.

Cada vez es más necesario consultar o acudir a un laboratorio gemológico cualificado. A menudo el estudio de las inclusiones con una lupa binocular

no es suficiente y habrá que recurrir a la aplicación de pruebas de análisis más sofisticados, como análisis por espectrografía ultravioleta, fluorescencia a los rayos X, resonancia magnética, cátodoluminiscencia etc. En el caso de los corindones naturales la fluorescencia de rayos X revela la presencia de ciertos elementos traza como el galio, que generalmente están en mayor proporción en los naturales, con la excepción de algunos Ramaura y de los últi-

mos rubíes fabricados en Grecia, los sintéticos Douros.

En el caso de las esmeraldas habrá que recurrir a la espectroscopía infrarroja por reflexión que determina los distintos tipos de agua, o a la espectroscopía infrarroja por transmisión que detecta además de agua la presencia de CO_2 . Las naturales llevan CO_2 y las sintéticas no.

Pero tal vez lo más revolucionario sea la aparición en el mercado de dia-

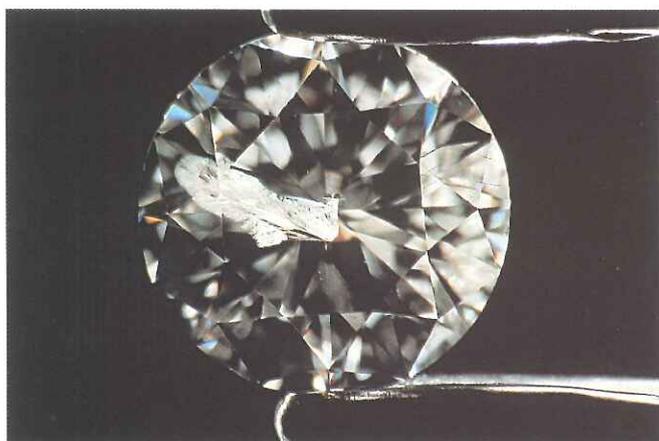


Foto 2. Fracturas muy visibles antes del rellenado (izquierda), y mejora después del tratamiento (derecha). Fotografía de Shane F. McClure.

mantes sintéticos. Durante dos siglos se ha intentado obtener estos diamantes, los primeros experimentos se realizaron sobre una base científica muy débil, hasta que finalmente en 1954 se obtuvieron los primeros diamantes sintéticos naturalmente no de calidad gema. A partir de aquí las firmas General Electric, Sumitomo, De Beers y los rusos comienzan la carrera para fabricar estos diamantes.

En 1987 aparecieron en el comercio diamantes sintéticos pero de color amarillo, a partir de 1997 también han comenzado a fabricarse de color azul e incoloros.

Estos diamantes tienen una serie de propiedades que sirven para su identificación. Para ello es necesario que se realice una observación detallada buscando características distintas a las encontradas tradicionalmente:

- Recurrir en primer lugar a un examen microscópico buscando inclusiones oscuras, opacas, pero reflectantes con fibra óptica, zonalidad de color o *graining* en reloj de arena. Este *graining* en reloj de arena, generalmente visible a través de la culata, está relacionado con los sectores internos de crecimiento octaédrico y cúbico de los diamantes sintéticos.

- Observar la fluorescencia a la LUV, especialmente a través de la culata, y ver la relación que existe entre LUV y LUVL.
- Hacer un estudio del espectro de absorción.
- Ver la reacción con un imán.
- Si es necesario recurrir a un estudio de catodoluminiscencia.

Pero este no es el único problema que se nos puede presentar en los diamantes, el tradicional aceite de las esmeraldas, es decir, el relleno de fisuras con líquidos de I.R. próximos a la esmeralda (aceite de cedro, aceite de oliva, bálsamo de Canadá, etc.) calentando suavemente para que penetre en las fisuras y las disimule, es práctica muy frecuente y no se considera fraudulento. Muchas veces este aceite se mete a presión, pero en la actualidad está siendo sustituido por el uso de resinas naturales o artificiales, a veces acompañadas por un "agente" endurecedor que "sella" las fisuras. En ocasiones se añade colorantes verdes al aceite en cuyo caso sí debe considerarse un tratamiento fraudulento. (Foto 1).

Todo este tipo de aceites, resinas, colorantes etc. ha creado una gran po-

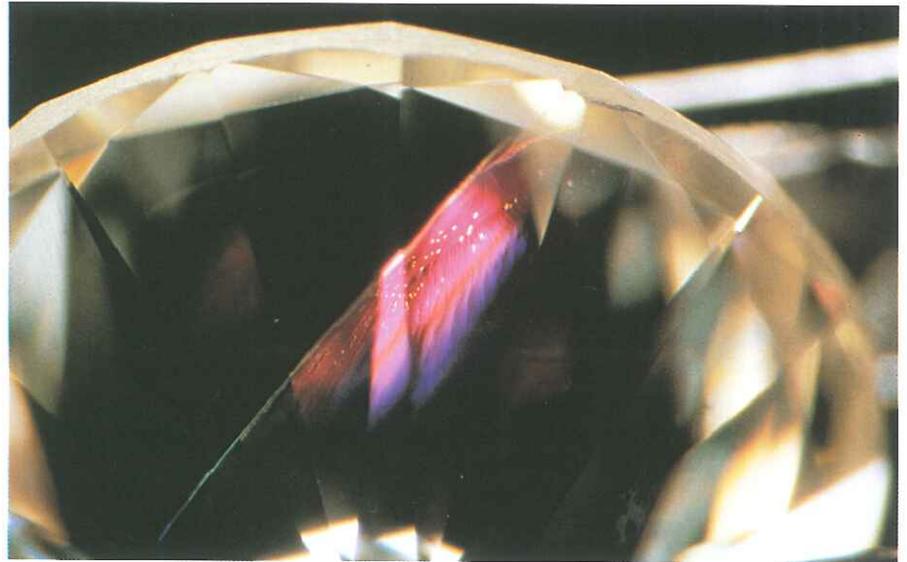


Foto 3. Efecto «flash» en diamante tratado con fisuras rellenas. Fotografía de Shane F. McClure.

lémica acerca de lo que debería o no estar permitido.

El relleno de fisuras se ha extendido a fracturas, cavidades abiertas y huecos, incorporándose a otras gemas especialmente a rubíes y diamantes. En estos últimos, este método se conoce popularmente como Yehuda por ser

una de las muchas casas que lo realizan y se ha convertido en uno de los tratamientos más controvertidos de la última década.

El diamante es la única gema que tiene unas características diferentes a la hora de su comercialización, debido a una valoración en función de lo que

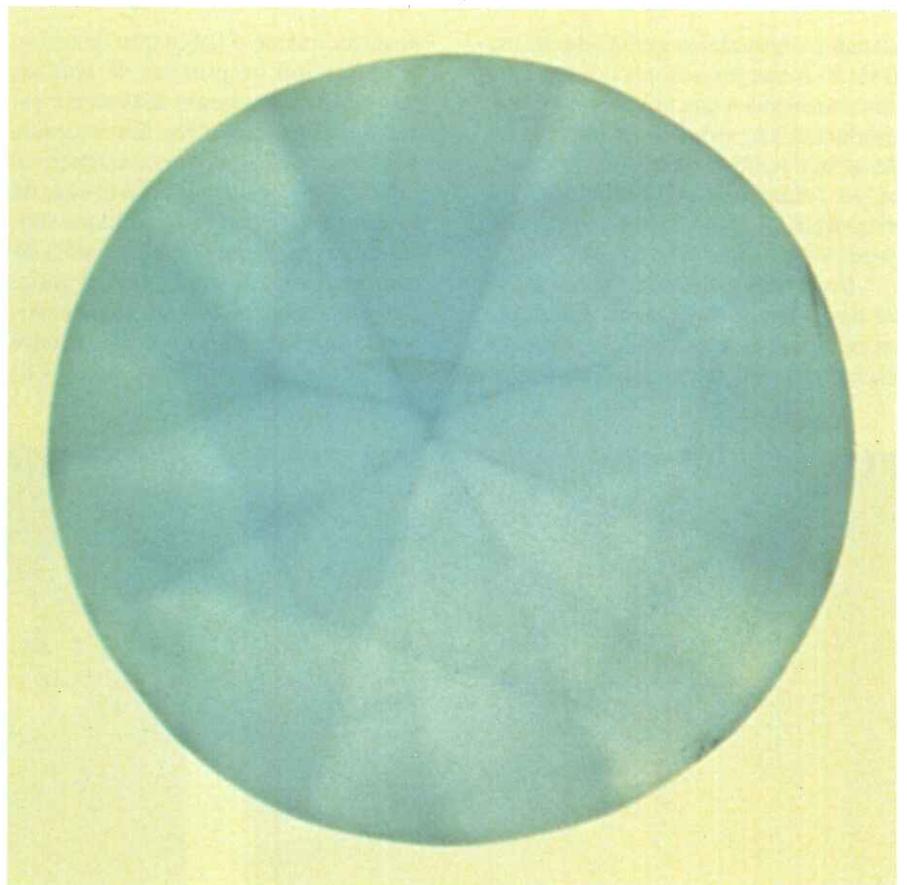


Foto 4. Facetas dobles y finas agujas en una moissanita sintética.



Foto 5. Las concentraciones de color a lo largo de la unión de las facetas son prueba de que este zafiro ha sido tratado por difusión.

se conoce como las "4Cs" en especial la posibilidad de graduar su calidad en base a la pureza y al color, por ello este tipo de tratamiento adquiere una importancia especial en esta gema.

El tratamiento utiliza una sustancia que mejora o enmascara las fisuras abiertas o no, ya que se puede llegar a ellas por un tratamiento combinado con rayo laser, mejorando "aparentemente" su calidad de pureza en uno o dos grados.

Es posible, por ejemplo que un diamante sea graduado como SI y en realidad sea un Piqué (Foto 2). Esto para el comercio del diamante es muy grave.

Aunque el vidrio de plomo utilizado para el relleno puede detectarse mediante rayos X y espectroscopía EDXRF, así como por ciertas características internas, el efecto "flash" (observado en todos los diamantes tratados) es la forma más rápida y significativa de detectar los diamantes con fisuras rellenadas. (Foto 3).

La técnica de rellenado consiste en lo siguiente, los diamantes se limpian y luego se "rellenan" a altas temperaturas con un vidrio fundido (posiblemente al vacío para evitar que el diamante se quemara), se enfrían y por último se vuelven a limpiar para eliminar el vidrio que queda en la superficie.

Los principales laboratorios no emiten certificados de diamantes que presenten este tratamiento debido a que los grados reales de color y pureza de estas piedras no pueden determinarse después del proceso de rellenado. Sólo se podría emitir un certificado si se eli-

minara previamente todo el material de relleno, pero ¿estaría el cliente dispuesto a aceptar que su diamante volviese a su estado natural?, es decir con fisuras visibles a veces a simple vista.

Además se ha demostrado que algunas piedras sufren un deterioro al utilizar ciertos métodos rutinarios de limpieza.

Lo mismo sucede con corindones, en especial rubíes, donde las fisuras rellenas pueden afectar a gran parte de la piedra.

Pero lo que actualmente está preocupando a los profesionales es la aparición en el mercado de una nueva imitación de diamante: la "Moissanita sintética". En realidad su detección para quien esté bien informado no ofrece ningún problema. Sin embargo, en el comercio esta imitación está causando graves problemas debido a la utilización generalizada de un "gem tester" que basado en la excelente conductividad térmica del diamante, en relación con las que hasta ahora presentaban sus imitaciones, en especial la popular "zirconita," las separa rápidamente. Este aparato responde de igual forma que el diamante al ser utilizado con una moissanita debido a su buena conductividad térmica.

Actualmente llegan a nuestro laboratorio gran cantidad de estas imitaciones que están siendo vendidas como diamantes. Su principal defecto es su anisotropía y aunque se la talle perpendicular al eje óptico, inclinando la piedra pueden observarse sus facetas dobles, al igual que gran cantidad de

agujas muy finas, diferentes a las inclusiones que pueden presentar los diamantes. (Foto 4).

Pero tratamientos hay para todos los gustos, en aquellos corindones que no responden a los tratamientos térmicos convencionales, y a diferencia de otros que se producen en la naturaleza, un relativamente nuevo invento ha aparecido en el mercado, conocido como tratamiento de difusión. En el caso del zafiro el color es debido a una transferencia de cargas Fe^{2+} -O- Ti^{4+} , influenciada por otra: Fe^{2+} - Fe^{3+} y absorciones producidas por Fe^{3+} (Smith y Strens 1976, Schmetzer 1987). Los agentes colorantes Fe y Ti entran en contacto con la superficie de la piedra, luego la piedra se calienta hasta casi su punto de fusión con lo que la red del corindón se ensancha y permite que los iones metálicos de transición, emigren a una zona superficial, dando lugar a una concentración de color en la superficie de la piedra. Pero aquí es donde está el problema, el color sólo se encuentra en la superficie mientras que su interior sigue siendo incoloro. (Foto 5).

La mejor forma de detectarlo es cuando está inmerso en yoduro de metileno y con luz transmitida difusa.

Estos y muchos otros son los problemas actuales con los que nos encontramos los gemólogos. La técnica ha evolucionado de tal manera que los conocimientos se emplean no sólo en la fabricación de productos artificiales, sino también, cada vez en mayor medida, en todo tipo de tratamientos como los que acabamos de exponer. El problema es tremendamente grave y requiere cada vez más de una formación adecuada para detectar correctamente todos los materiales, no confundir natural con sintético, conocer todos los tratamientos y cuáles deben de ser comercialmente admitidos, conocer el tipo de proceso que se ha seguido, si estos tratamientos son estables, consecuencias que pueden acarrear, conocimientos de todas las técnicas especiales que en caso de necesidad puedan ser utilizadas para la correcta identificación etc. Todas y cada una de estas razones han sido y son sin duda un desafío apasionante para los gemólogos, que cada vez más necesitan de una preparación empírica y de más alto nivel a la que se necesitaba hace unos años, porque la gemología está en alza y es una ciencia viva, que avanza día a día.

VIII SIMPOSIO BOLIVARIANO

EXPLORACION PETROLERA EN LAS CUENCAS SUBANDINAS



Caracas,
Septiembre
10-13, 2000

 **Sociedad
Venezolana
de Geólogos**

Av. A, Qta. Mercedes No. 13-10, Urb. La Carlota 1071, Caracas Venezuela
Dirección postal: Apartado postal 17493, Parque Central 1015A Caracas Venezuela
e-mail: svg@mailserver.reacciun.ve
Telefax + 582-2340716

¡Cuidado con el primo del lagarto Juancho!



La exitosa fórmula empleada actualmente por la industria del cine «Nueva versión de vieja película y/o serie de T.V. + Efectos especiales de última generación = Taquillazo seguro» ha llevado a resucitar además de **Perdidos en el espacio** y **Los vengadores**, a un viejo éxito japonés estrenado en España como **Japón bajo el terror del monstruo** (I. Honda, 1954) y en el resto del planeta simplemente como **Godzilla** (aunque en nipón es **Gojira**). Poco conocido en nuestro país, esta película creó un género propio, el denominado **Kaiju-eiga**, consistente en lanzar una pléyade de bichos descomunales (polillas gigantes, dinosaurios espaciales, etc) contra diversas ciudades del Japón, con el masoquista fin de verlas destruidas y a sus habitantes pisoteados. No obstante este sub-género tiene una vertiente muy atractiva para la industria del ocio: la posibilidad de fabricar un amplio surtido de productos o *merchandising* relacionados con los personajes.

Ante unas perspectivas tan halagüeñas, no es extraño que alguien se decidiera a rodar una nueva **Godzilla**, dándose cita en esta película dos monstruos, *uno de verdad*, el lagarto mutante que da nombre a la película y *otro fil-mico*, su director y re-animador, Herr Emmerich.

Y es que Roland Emmerich es una rara avis del cine europeo y concretamente del alemán, al especializarse en algo *tan alejado* como es la ciencia-ficción y fantasía. Hombre-orquesta, argumenta, guioniza, produce y dirige sus películas, sin embargo no parece aspirar a ser recordado por la crítica como autor de clásicos, sino por el fisco gracias a los beneficios obtenidos.

Estudioso de *las claves del carácter* de la sociedad americana, dejó a un lado sus interesantes inicios en la década de los 80 (**El principio del arca de Noé**) para lanzarse a la vorágine del éxito exitoso y multitudinario, obtenido mediante una *afortunada* mezcla de guiones ramplones, ideas desaprovechadas, mucha acción y una retahíla de diálogos tópicos y patéticos, más propios de un propagandista que de un cineasta. Así nacieron los bodrios conocidos como **Stargate** (1994) e **Independence Day** (1996). En ellas repite como una *fotocopiadora* humana un mismo esquema: Irrupción de un problema inesperado (alienígenas o marcianos) /Intervención (fallida) del ejército estadounidense/Aparición de los dos héroes (masculinos): necesariamente un científico espabilado y un hombre de acción/Idea brillante del científico/Solución *definitiva* del problema (que suele *morir*).

En el *guión* se justifica el papel del ejército como centinela de la democracia civil (generalmente conducida por políticos inútiles), se glorifica el machismo irredento y se encamina a la mujer hacia un rol de sumisión y adorno, además de promocionar el uso de la violencia como único método de discusión social, incluso si se trata de aleccionar a niños y púberes.

Cuando ya nada auguraba un cambio en su metodología fílmica, **Godzilla** supone un cierto giro en su cinematografía, situándose más próxima a las simpáticas películas de los ochenta como **Gremlins** y otras de **Joe Dante**, que a las naderías que había pergeñado previamente. Aunque se repite el esquema de sus anteriores películas, su guión resulta más comedido en intenciones, suavizando el mensaje y sirviendo como apoyo de unas excelentes escenas de acción, acompañadas de magníficos efectos especiales, *denominación de origen* de este tipo de películas.

La historia es tremendamente simple, un monstruo gigantesco de origen radiactivo, proveniente de la Poli-





nesia Francesa es detectado acercándose a Nueva York en año de elecciones. Su llegada provocará un caos sin precedentes y su existencia puede causar un inevitable fin de la primacía de la raza humana.

El relato peca de cierta subjetividad, habitual en una película estadounidense; así el científico-héroe estudia el efecto de las pruebas y accidentes nucleares sobre la fauna que han sido provocados, curiosamente, por otros países, léanse soviéticos (Chernobyl) o franceses (en la Polinesia Francesa y causantes involuntarios de la existencia de Godzilla) y nunca por los norteamericanos, preguntándose uno ¿de qué tamaño serán las lombrices mutantes del desierto de Nevada o los lagartos radiactivos del atolón de Bikini? No obstante, esta subjetividad se ve compensada por dos situaciones ciertamente *anómalas*:

La torpeza e ineficacia que muestran las tropas estadounidenses es mayor que en películas anteriores, causando más destrozos que el propio monstruo y llegando a recordar, en alguna escena, a las películas de los **Hermanos Marx**.

El rol de salvadores de la humanidad es asumido por dos personajes *europesos*: un científico americano de origen griego (**Matthew Broderick**) y un espía francés (**Jean Reno**) que lo capta para limpiar *el buen nombre* de su país. Además ¿el hecho que se traten de un griego y un francés es algún tipo de metafórica broma sexual en una Norteamérica puritana?

Junto a estos actores, el reparto se completa con una aspirante a desalmada periodista televisiva (tan en boga hoy en día) y ex-novia del primero (**María Pitillo**, una actriz con poco futuro en Hollywood si mantiene ese apellido tan políticamente *incorrecto*).

A ello debe añadirse la sospechosa obsesión por parte del guionista en arrasar todos los monumentos emblemáticos de EE.UU., primero en **Independence Day** y ahora en **Godzilla**, en este caso llevándose por delante buena parte de la isla de Manhattan, Wall Street, el puente de Brooklyn, el Madison Square Garden y el emblemático Chrysler Building ¿no tendrá relación con un cierto

humor negro atribuible a su origen, logrando aquello que no consiguió el **III Reich**?

No obstante, al tratarse de un director *auto-copiativo*, no es extraño experimentar, observando las escenas, una sensación de *déjà vu*. Y es que Emmerich más que ejercer como chef de restaurante francés, es una especie de *mini-pimer* humana, de cocinero de bar económico, que con las sobras de las comidas elabora unas sabrosas croquetas que gustan a sus clientes; así se *inspira* en escenas de películas de éxito, como la persecución nocturna de un coche o la de sus crías, parecidas a los famosos **velocirraedores**, en el interior del Madison Square Garden y que recuerdan a dos famosas escenas de **Parque Jurásico**, la copia descarada e inmisericorde del final de la versión setentera de **King-Kong**, coincidir con el primer **King-Kong** en ser atacado por aviones, las persecuciones submarinas propias de **La Caza del Octubre Rojo**, o la escena del impacto de la rueda de **Twister**, habilidosamente cambiada por una lancha y...¿no recuerdan los huevos a otros más famosos en películas de ciencia-ficción como los de **Alien**?

Respecto a los detalles uno descubre que la **publicidad subliminal** acabará ocupando toda la pantalla: así, entre otras, se reconoce una ubicua marca suiza de relojes, una cadena de video-clubs internacional, una referencia a ese pastelito redondo, una mensajería transoceánica, una marca americana de cámaras fotográficas y la *más disimulada de todas*, entre un montón de ruinas, reluciente y luminosa, una máquina de refrescos de cola.

Se puede concluir que **Godzilla**, tras las torturas que supusieron sus anteriores películas constituye una de sus mejores filmes (lo que no es difícil), resultando amena y simpática. Su objetivo, el puro entretenimiento, es ampliamente conseguido.

GODZILLA (EE.UU., 1998). Dir.: R. Emmerich. Intérpretes: M. Broderick, J. Reno, M. Pitillo, H. Azaría, Godzilla.

Marc Martínez Parra
Geólogo. Hidrogeología ITGE.

Las aguas minerales en la provincia de Burgos

José M^a Ruiz Hernández

Geólogo. Técnico de la Dirección de Aguas Subterráneas del ITGE en Madrid.

José Ángel Díaz Muñoz

Licenciado en CC. Geológicas.

En el presente artículo se ofrecen aspectos generales sobre la importancia que en tiempos pasados tuvieron varios manantiales de la provincia de Burgos cuyas aguas fueron calificadas como minero-medicinales y su situación actual.

Introducción

El término "Agua Mineral" se utiliza de forma habitual para designar a un grupo específico de aguas naturales de origen subterráneo que, por su naturaleza, contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes, y en ocasiones también por su temperatura y determinados efectos, resultan apropiadas para determinados usos, tales como la terapia hidrotermal, la balneoterapia, la explotación de sus sales disueltas o su comercialización como aguas de bebida envasadas. En este artículo se resaltan las aguas minero-medicinales y de bebida envasadas, bien declaradas en el pasado o cuyo aprovechamiento se realiza actualmente.

Los estudios y visitas de campo esenciales para la elaboración de este artículo fueron realizados durante la ejecución del "Atlas del Medio Hídrico de la provincia de Burgos" a través del Convenio suscrito entre el Instituto Tecnológico Geominero de España y la Excm. Diputación Provincial de Burgos.

Antecedentes históricos

Tradicionalmente, esta provincia ha gozado de reconocido prestigio en el campo de las aguas minerales, llegando a contar con ocho balnearios en activo y casi otras tantas fuentes "minero-medicinales" de larga tradición popular.

Todos ellos ya se citaban en la "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España", realizada por el Instituto Geológico y

Minero de España, en el año 1913, y también en el "Mapa de Aguas Minero-medicinales de España", publicado por ese mismo Instituto en el año 1947 y en el que se relacionan catorce manantiales que gozaban de dicha consideración.

De estos manantiales, la mitad aproximadamente llegaron a figurar en la relación de balnearios reconocidos en el "Estatuto sobre explotación de manantiales de aguas minero-medicinales", publicado en el nº 117 en la Gaceta de Madrid, de 26 de abril de 1928. Con el tiempo algunos de estos manantiales han desaparecido y la gran mayoría de los balnearios han quedado inactivos. Como se observa en el cuadro de la página siguiente, son escasos los manantiales y captaciones de aguas minerales que se aprovechan en la actualidad con fines terapéuticos o para su comercialización como aguas de bebida envasadas.

Origen y naturaleza de las aguas

A continuación y de forma resumida se muestra la situación actual y su evolución con el paso del tiempo de algunos de estos manantiales.

Arlanzón

En la Memoria realizada en el año 1884 por el Dr. D. Domingo Martín y Pérez y D. Sixto Antón y González, se decía: "Muy cerca de la villa de Arlanzón y de la margen derecha del río del mismo nombre, no

TERMINO MUNICIPAL	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	NATURALEZA	USO TRADICIONAL	USO ACTUAL
Arlanzón	Arlanzón	Bicarbonatadas cálcicas, frías	Manantial	Antiguo balneario Minero-medicinal	Privado
Briviesca	Pozo Blanco (Sta. Casilda)	Bicarbonatadas cálcicas, de mineralización débil, frías	Manantial	Minero-medicinal	Público
Cabezón de la Sierra	Cabezón de la Sierra	Bicarbonatadas cálcicas, de mineralización muy débil, frías	Manantial	Minero-medicinal	Público
Contreras	Contreras	Sulfatado-bicarbonatadas mixtas, de mineralización muy débil, frías	Manantial	Minero-medicinal	Público
Espinosa de los Monteros	Quintana de los Prados	Bicarbonatadas sódicas, sulfhídricas, de mineralización débil, frías	Manantial	Minero-medicinal	Público
Espinosa de los Monteros	Quintanilla del Rebollar	Bicarbonatadas cálcicas, ferruginosas, frías	Manantial	Minero-medicinal	Público
Espinosa de los Monteros	Sta. Olalla	Bicarbonatadas cálcicas, ferruginosas frías	Manantial	Minero-medicinal	Público
Medina de Pomar	Salinas de Rosío	Cloruradas sódicas, frías captación	Manantial y	Antiguo balneario	Minero-industrial
Merindad de Montija	Fuensanta de Gayangos	Sulfatado-bicarbonatadas, cálcico-sódicas, sulfhídricas, de mineralización fuerte, frías	Manantial	Antiguo Balneario	Abandonado
Miranda de Ebro	Cucho	Sulfatado-bicarbonatadas mixtas, sulfhídricas, ferruginosas, de mineralización fuerte, frías	Manantial	Antiguo Balneario	Inactivo
Miranda de Ebro	El Porvenir de Miranda (Fuente Caliente)	Bicarbonatadas mixtas, litúnicas, nitrogenadas, hipotermas (22,5 °C)	Manantial	Antiguo Balneario	Inactivo
Quintanaurría	Aguas Minerales Naturales "Santolín"	Bicarbonatadas cálcicas, de mineralización débil, frías	Manantial y captación	Abastecimiento	Agua de bebida envasada
Rubena	Manantial del Rey	Bicarbonatadas cálcicas de mineralización media, frías	Manantial	Antiguo Balneario (Tópico). Minero-Medicinal	Contaminadas
Soportilla	Soportilla (Sobrón y)	Bicarbonatadas cálcicas, de mineralización débil e hipotermas (22 °C)	Manantial	Antiguo Balneario (Tópico y Bebida)	Inactivo
Valdelateja	Valdelateja	Bicarbonatadas cálcicas, de mineralización débil, frías	Captación	Antiguo Balneario	Hostelería
Valle de Tobalina	Montejo de Cebas	Bicarbonatadas cálcicas, de mineralización débil, frías	Manantial	Antiguo Balneario (Tópico y bebida)	Inactivo
Valle de Valdebezana	Corconte oligometálicas, frías.	Cloruradas sódicas, Sulfhídricas, captación	Manantial y	Balneario y bebida embotelladora	Balneario y planta

lejos de la célebre cueva de Atapuerca, se encuentra un abundante manantial llamado Fuente-caliente por los naturales del país... "Estas aguas fueron declaradas de utilidad pública en virtud de Real Decreto de fecha 15 de Noviembre de 1882,... estando constituido el Establecimiento por tres edificios, que son la Rotonda, o parte del balneario destinado a las inhalaciones, el Balneario propiamente dicho, y la Fonda-Hospedería".

En la actualidad este manantial se localiza en una finca privada y sus aguas se utilizan para el llenado de una piscina.

Santa Casilda

En el término municipal de Sali-

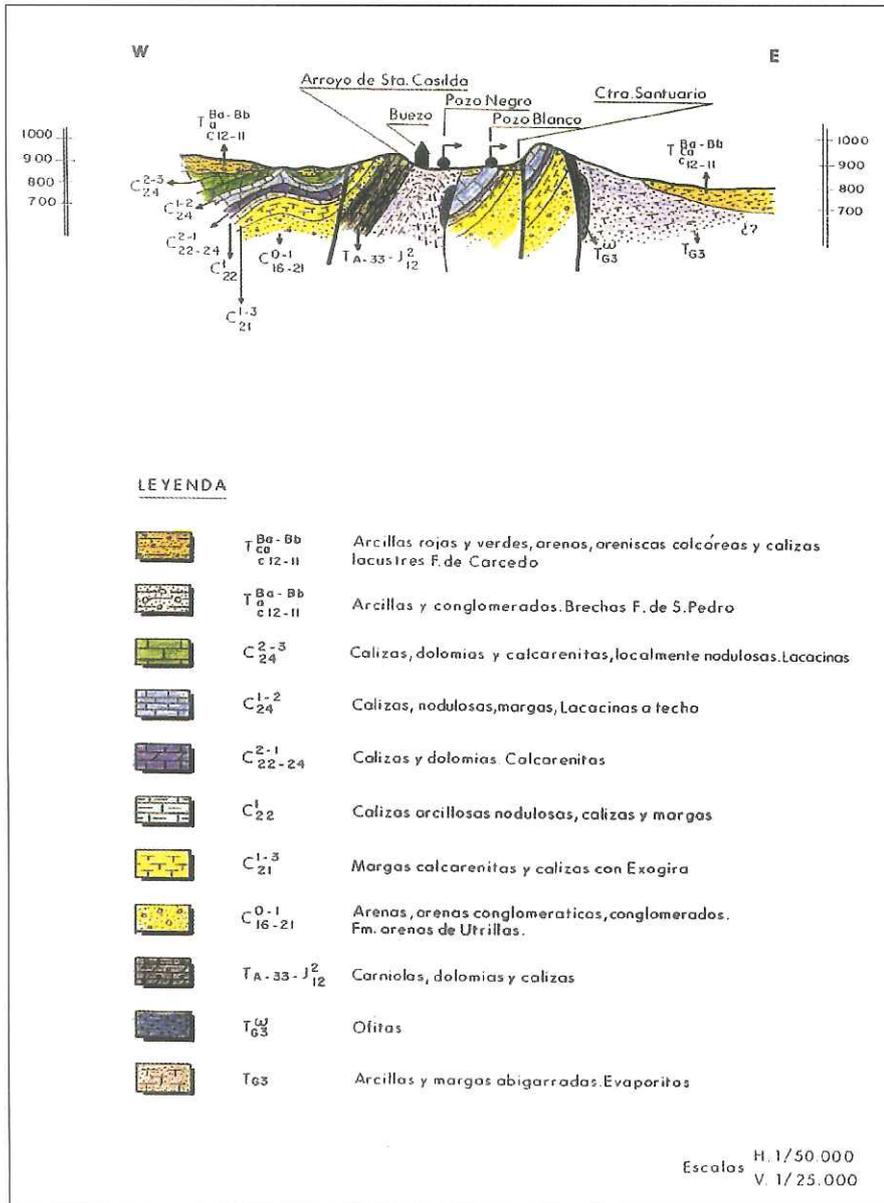
nillas de Bureba existen dos manantiales, en forma de pequeños lagos, denominados Pozo Blanco y Pozo Negro, ya citados en el año 1853 por D. Pedro María Rubio en el "Tratado completo de las fuentes minerales de España". En el se refiere a "dos lagos, de agua mineral salina astringente. En Pozo negro se bañó Santa Casilda, hija de Alcmemon, rey moro de Toledo, en 1054, y por haberse curado de un gran flujo de sangre, se bautizó y se quedó a vivir santamente en una ermita del inmediato monte, donde fue enterrada".

El primer manantial, Pozo Blanco, surge en el fondo de una balsa circular de unos 5 m de diámetro y 0,5 de profundidad, situada en la ladera norte de monte donde se levanta el Santuario, en una zona recreativa. El otro manan-

tial, denominado Pozo Negro, se encuentra situado a 300 m del anterior, en dirección oeste, cerca del pueblo de Buezo.

Cada uno de los manantiales citados se sitúa sobre materiales distintos: Pozo Negro, sobre materiales evaporíticos del Keuper diapírico, constituidos por arcillas, margas, yesos y sales; y Pozo Blanco en el límite discordante de los materiales terciarios, formados por arcillas y conglomerados, con los materiales cretácicos compuestos por calizas y dolomías, fuertemente plegadas y fracturadas.

Sus aguas son bicarbonatadas cálcicas, de mineralización débil (265 mg/l de residuo seco a 110° C), en las que no se aprecia la existencia de sulfuros, hierro u otros oligoelementos por encima de sus límites de detención.



Corte geológico Pozo Blanco-Pozo Negro (Sta. Casilda).

Cabezón de la Sierra

En la descripción realizada por Madoz (1845-1850) de esta fuente se decía: "fuente mineral a la salida de la población para Moncalvillo de color rojo, excelente para la curación de los cálculos urinarios o males de piedra: se cree que está bastante cargada de hierro y azufre, por cuya circunstancia se ha llamado por algunos sulfuro-ferruginosa." Asimismo, se describe como manantial de aguas sulfurosas frías en la "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España" realizada por el Instituto Geológico en 1913. Sin embargo, los últimos análisis realizados

(ITGE, 10-03-1997) indican que se trata de aguas bicarbonatadas cálcicas, de mineralización muy débil, que no presentan indicios de sulfuros ni de hierro.

Actualmente, la fuente está canalizada hacia un pequeño depósito cerrado y un pilón, al que los habitantes del entorno vienen a por agua al ser sus propiedades conocidas como buenas para el riñón.

El manantial se sitúa en el contacto entre los materiales del Cretácico superior y los pertenecientes al Cretácico inferior (facies Weald) y constituye uno de los drenajes naturales de la unidad hidrogeológica 02.10, Arlanza-Ucero-Avién.



Cabezón de la Sierra.

Contreras

Madoz (1845-1850) cita: "... en el campo nacen varias fuentes cuyas aguas son muy saludables y exquisitas; entre aquéllas hay una de agua sulfúrea que tiene su origen al pie de una mina de carbón de piedra, en la actualidad abandonada, a la falda de la cuesta al norte del lugar en el término denominado Prado del Fresno". Según los habitantes de la zona, en la que se explotaban los famosos lignitos de Contreras hasta los años 60, el manantial más conocido y cuyas aguas son todavía utilizadas para el mal de riñón se encuentra en el paraje Prado de la Mata, existiendo en la zona de las minas otras pequeñas fuentes que no tienen carácter mineral.

Dispone de un pilón que se utiliza actualmente como abrevadero. Según el análisis realizado por el ITGE (19-03-97), las aguas de este manantial son sulfatado-bicarbonatadas mixtas, con ausencia prácticamente total de oligoelementos, y de mineralización muy débil (43 mg/l de residuo seco a 110° C).

Corconte (Balneario de)

El histórico Hotel-Balneario de Corconte está situado en el extremo noroccidental de la provincia de Burgos, en el término de Valdebezana, a



Balneario de Corconte.

RIÑÓN - DIABETES - VEJIGA - ARTRITISMO - GOTA

EMPLEO

Generalmente se usan dos tomas diarias, una en ayunas de 400 gramos, y otra de 250 gramos una hora antes de la comida, salvo prescripción facultativa.

PARA INFORMES Y PEDIDOS

EMIGRARSE A

AGUA Y BALNEARIO DE CORCONTE

PASEO DE PEREDA, 36

SANTANDER

"NON-PLUS-ULTRA"

AGUA MINERO MEDICINAL

Corconte

SANTANDER

EMINENTEMENTE DIURÉTICA

Es el mejor diurético y eliminador racional del ácido úrico.

Especialmente apta para el tratamiento de las litiasis y calcificaciones de riñones y vejiga, debidas a causas sistémicas. Efectiva, sencilla, segura, y en sus aguas, algunas indicaciones de uso en la gota, en la cistitis y glomerulonefritis en sus estadios, y en su prevención, también en el Artrismo e Hipertensión.

Achiloso y amigra la urina, según experimentaciones y análisis practicados en el Hospital General de Madrid.

EL AGUA DE MEJOR HISTORIA CLÍNICA ENTRE LAS CONOCIDAS

Muy fina y de fácil digestión. Conserva todas sus cualidades naturales, sin que la altere el tiempo, ni el transporte. La pérdida del olor producida por el escape del gas sulfúrico, no significa tampoco en sus aguas, ya que las sales en disolución se conservan sin precipitarse.

ANÁLISIS DEL AGUA DE CORCONTE

Hecho por el Dr. D. Basilio

Temperatura	10°
Fuerza específica	1,00472
Densidad a 15° C.	1,00374
Grav. específica a 15° C.	1,00374
Grav. específica a 20° C.	1,00374
Grav. específica a 25° C.	1,00374
Grav. específica a 30° C.	1,00374
Grav. específica a 35° C.	1,00374
Grav. específica a 40° C.	1,00374
Grav. específica a 45° C.	1,00374
Grav. específica a 50° C.	1,00374
Grav. específica a 55° C.	1,00374
Grav. específica a 60° C.	1,00374
Grav. específica a 65° C.	1,00374
Grav. específica a 70° C.	1,00374
Grav. específica a 75° C.	1,00374
Grav. específica a 80° C.	1,00374
Grav. específica a 85° C.	1,00374
Grav. específica a 90° C.	1,00374
Grav. específica a 95° C.	1,00374
Grav. específica a 100° C.	1,00374

GASES Y SALES EN DISOLUCIÓN

Nitrógeno	15,66 c. c. a 10 y 700
Acididad carbonica	0,21250
Acido sulfúrico	0,00391
Bicarbonato cálcico	0,00125
Cloruro cálcico	0,00003
Cloruro sódico	0,48391
Fluoruro sódico	0,00012
Íoduro sódico	0,00003
Sulfato sódico	0,00373
Bicarbonato cálcico	0,48391
Bicarbonato sódico	0,00142
Bicarbonato magnésico	0,01042
Bicarbonato ferroso	0,00011
Sulfato cálcico	0,00387
Sulfato magnésico	0,01077
Acido umbilático	0,00010

Contiene además el gas hidrógeno en dosis mínima y magneasa.

DECLARADA DE UTILIDAD PÚBLICA EN 1.º DE JUNIO 1883 - LAVADO PERFECTO DE LA SANGRE

Etiqueta antigua de Agua de Corconte.

orillas del pantano del Ebro, en la vertiente meridional del puerto del Escudo, junto a la carretera de Corconte.

El primitivo balneario data de 1850, aunque no fue hasta el año 1920 cuando se construyó el Gran Hotel, por iniciativa de su propietario, Sr. Larrea, que lo fue hasta 1936. La grandiosidad y abolengo del edificio y sus salones se han conservado hasta nuestros días.

Sus aguas fueron declaradas de utilidad pública en el año 1883 y como notas históricas cabe señalar que el balneario fue frecuentado por Alfonso XIII y D. Antonio Maura y, más tarde, fue la residencia del Conde Ciano, yerno de Mussolini.

Las principales indicaciones terapéuticas del agua del balneario de Corconte, de facies clorurada sódica y carácter sulfuroso, son las enfermedades de vías urinarias (cálculos renales) y enfermedades reumáticas, entre otras. No obstante, el balneario cuenta con varios tipos de instalaciones termales de tratamiento y con una planta embotelladora que envasa, en diferentes tamaños, unos 60.000 litros diarios de agua bajo el nombre de "Agua mineral natural Corconte". Para aprovechar mejor las mismas desde el punto de vista industrial se realizó un sondeo de regulación de escasa profundidad, junto al manantial.

Esta captación se encuentra situada sobre materiales del Cretácico (Aptiense-Albiense), formados por una alternancia de areniscas y arcillas con niveles carbonatados. Debajo de ellos se encuentran los sedimentos de la facies Weald, formados por areniscas y arcillas.

La zona se encuentra afectada por

una intensa tectónica de fracturación, con fallas de descompresión, de dirección NO-SE, debido a la existencia de la franja cabalgante de Besaya, desarrollada durante la orogenia Alpina.

Cucho (Balneario de)

El balneario de Cucho fue construido a finales del siglo pasado y estuvo en funcionamiento hasta 1955, año en el que sus propietarios lo vendieron a la Orden de Franciscanos de la Purísima, que lo han venido utilizando hasta nuestros días como residencia de ancianos. Madoz (1845-1850) habla de este manantial al referirse a: "... *varias fuentes en el término, de muy exquisitas aguas; entre las cuáles se encuen-*

tra una mineral que según la opinión de algunos químicos es superior a todas las descubiertas hasta el día en las provincias Vascongadas y Navarra".

A finales del siglo XIX, éste balneario era uno de los más importantes de Burgos, junto al de El Porvenir de Miranda y Fuensanta de Gayangos, presentando éstos mejores instalaciones que los de Corconte, Arlanzón y Salinas de Rosío.

El edificio del antiguo balneario se encuentra a 1 km del pueblo de Cucho y, aunque se ha respetado la antigua estructura del balneario, no se conserva ningún vestigio de sus instalaciones balnearias después de ser reformado para su actual uso como residencia de ancianos. El manantial surgía en el interior del edificio y, actualmente, según la información proporcionada, ya no es así, existiendo tan sólo a escasos metros de la puerta principal una pequeña bomba manual de la que se sigue extrayendo agua por alguno de los ancianos que allí residen.

Las aguas son sulfhídricas sódicas, cuyo olor característico se aprecia fácilmente; antiguamente el balneario poseía una sala de inhalación de gas sulfhídrico puro. La importancia y fama de la que gozaba este balneario puede comprobarse en las antiguas guías de balnearios, en las que se recogían las indicaciones de sus aguas (dermatosis, bronquitis etc.) y las instalaciones de que disponía. Igualmente, las aguas del Balneario de Cucho se embotellaron y vendieron hasta finales de los 50.

Balneario de Corconte.

86 Tierra y Tecnología nº 19 - 1999

INMEJORABLE AGUA DE MESA
FUENTE CALIENTE

ANÁLISIS QUÍMICA
Doctor D. Fausto Garayza y Dujols
Catedrático de Análisis Químico
de la Universidad Central, etc.

Certifica: Que el agua de Fuente Caliente, en su estado natural, es pura, de sabor agradable, de reacción alcalina y empuja con la temperatura de 22,6° C.
La densidad de 1,00076 104. El residuo fijo que deja a 12° C es de 0,413 por cada 100 de agua.

Componente	Gravim.
Acido Carbonico	0,01100
Acido Oxalico	0,00000
Bicarbonato de Sodio	0,17204
Bicarbonato de Litio	0,26120
Bicarbonato de Calcio	0,13227
Bicarbonato de Magnesio	0,24827
Bicarbonato de Potasio	0,02130
Cloruro de Sodio	0,07130
Sulfato de Calcio	0,08432
Sulfato de Magnesio	0,00270
Magnesio	0,05000
Materia Organica	0,00000

Gravimetricamente por el método de 11 de agua capilar a 20° C.
Acido carbonico en 20° C y 760 mm de presion: 0,019 g. l. y 0,017 g. l. de agua.
Alcalinidad: 12 a 0,9° C. 1,900 mm de presion.

MIRANDA DE EBRO (Provincia de Burgos)
AGUAS BICARBONATADAS-NITROGENADAS-LITÍNICAS
MINERO MEDICINAL
EMPRESA ENVASADORA: Aguas EL CID
N.º R.S. 270027110U-00174
DECLARADAS DE UTILIDAD PÚBLICA
27 Abril 1.883
BOTELLAS DE 1.500 c.c.

GRAN DIPLOMA EXTRAORDINARIO



EMINENTEMENTE DIURETICAS

INDICACIONES TERAPÉUTICAS
El agua de FUENTE CALIENTE es un poderoso auxiliar para la digestión y para la curación de las enfermedades de estómago, hígado, haza, riñones, intestinos, vías urinarias, reuma, etc., figurando como principales factores los bicarbonatos alcalinos, el carbonato de hierro en corta cantidad y el nitrógeno en abundancia. Este importante elemento los hace superiores a todas las aguas alcalinas, porque además de las propiedades que las sales de sosa, han la forma de bicarbonato, tienen en las dispepsias, la acción del azul en contacto con la mucosa gástrica; disminuye la calma de los dolores de estómago, verificando, por lo tanto, en un sentido favorable, las funciones de nutrición. Y si a esto agregamos el encontrarse en estas aguas la *litina*, cuando tan valioso como esta en las aguas minerales, no nos extrañará el maravilloso y hasta sorprendente resultado que se obtiene con su uso en el artrismo, litiasis ureica y biliar, etc. sino también del aparato digestivo, según detalla de los manuales médicos.

CLAVES DE LOTES DE ENVASADO
Consumir preferentemente antes de 5 años.



Santa Olalla.

las características de estas fuentes son las siguientes:

La fuente de aguas sulfurosas de Gayangos, que formaba parte, junto con otras dos, del abastecimiento al balneario de Fuensanta de Gayangos, descrito más adelante en este trabajo, se halla situada a unos 25 m del edificio que albergaba el balneario, junto a la carretera, a la salida del pueblo. En la actualidad, a pesar del estado en el que se encuentra, su mal acceso y escaso caudal, algunos habitantes del pueblo recogen sus aguas para su consumo y para regar un pequeño huerto próximo.

La fuente de *Quintana de los Prados* posee dos caños y un caudal aproximado de medio litro por segundo, presentando sus aguas el característico olor a huevos podridos. Se encuentra situada en la plaza del pueblo del mismo nombre, aunque el verdadero manantial se encuentra a unos 200 m de ella.

Agua de Mesa Fuente Caliente.

El Porvenir de Miranda

Este antiguo balneario está situado cerca de Miranda de Ebro, a 2 km por la carretera de Haro. Actualmente el edificio pertenece a una orden religiosa y se encuentra en mal estado. La importancia de la que gozó el balneario, uno de los más importantes de la provincia, queda de manifiesto en la descripción realizada en la memoria de "Crenoterapia Española" del año 1915: "Está constituido el establecimiento por un hermoso edificio distribuido en dos alas, con una amplia galería de baños y con cuartos independientes. A continuación de éstos, el departamento hidroterápico con toda clase de duchas, baños, irrigaciones, etc. y por último, en comunicación directa con éste, se sitúa el edificio que contiene la Fuente Caliente en la cual se embotellan las aguas".

El mismo contaba con tres manantiales denominados Fuente Caliente, que manaba dentro del edificio, El Porvenir de Miranda y Nuevo Vichy. Sus aguas se clasificaban como bicarbonatadas, litónicas y nitrogenadas, siendo declaradas las aguas de Fuente Caliente de utilidad pública el 27 de abril de 1883 y comercializadas como "Agua de mesa. Fuente Caliente. Minero medicinal", hasta el año 1994. En la actualidad, las instalaciones balnearias se encuentran desmanteladas, aunque al manantial denominado El Porvenir de Miranda siguen acudiendo los habitantes del lugar a recoger agua para su consumo.

Espinosa de los Monteros

En el "Tratado completo de las fuentes minerales de España", realizado en el año 1853 por D. Pedro María Rubio, se citan cuatro fuentes de aguas minerales situadas en varios puntos de este término. Así, se habla de la de Gayangos "... cuyo agua es cristalina; de olor y sabor a huevos podridos"; la de Quintana de los Prados "... igual a la de Gayangos pero menos cargada"; la de Santa Olalla y la del Rebollar.

El estado actual de conservación y



Quintana de los Prados.

Asimismo, se señalaban también las propiedades del manantial mineral de Santa Olalla: *"una fuente de agua mineral ferruginosa bastante abundante que se usa con buen éxito contra algunas enfermedades, especialmente la clorosis"*. La localización de esta fuente es dificultosa puesto que se encuentra en medio del monte y sin acceso directo, a 1 km del pueblo de Santa Olalla. Aún así, es conocida por algunos habitantes del lugar, que muy rara vez la utilizan.

Por último, también se menciona en dicho tratado otro manantial de carácter ferruginoso, a 1 km de la villa de *Quintanilla del Rebollar*, en el lado derecho de la carretera que conduce a Quisicedo. Se trata de una pequeña fuente con su pilón, situada en un castañar en el que existe un pequeño mendero. La gente del lugar suele beber sus aguas que, según la tradición, abre el apetito. El caudal es inferior a 0,1 l/s.

Las aguas de estos tres últimos manantiales son bicarbonatadas, siendo cálcicas en St^a Olalla y Quintanilla del Rebollar, y sódicas en Quintana de los Prados. Las aguas del manantial de Gayangos se clasifican como sulfatadas-bicarbonatadas sódicas.

Fuensanta de Gayangos (Balneario de)

El edificio de tres plantas que constituyó este antiguo balneario, hoy abandonado, se encuentra en la margen derecha de la carretera C-629, a la entrada de Gayangos, en el municipio de Merindad de Montija.

Este balneario era ya citado por Limón Montero en el año 1697 y por Madoz en 1845, como *"...establecimiento público de baños minerales, en el centro del pueblo, cuyas aguas son muy buenas para el mal de orina y erupciones cutáneas"*. A su vez, estas aguas son citadas igualmente en la



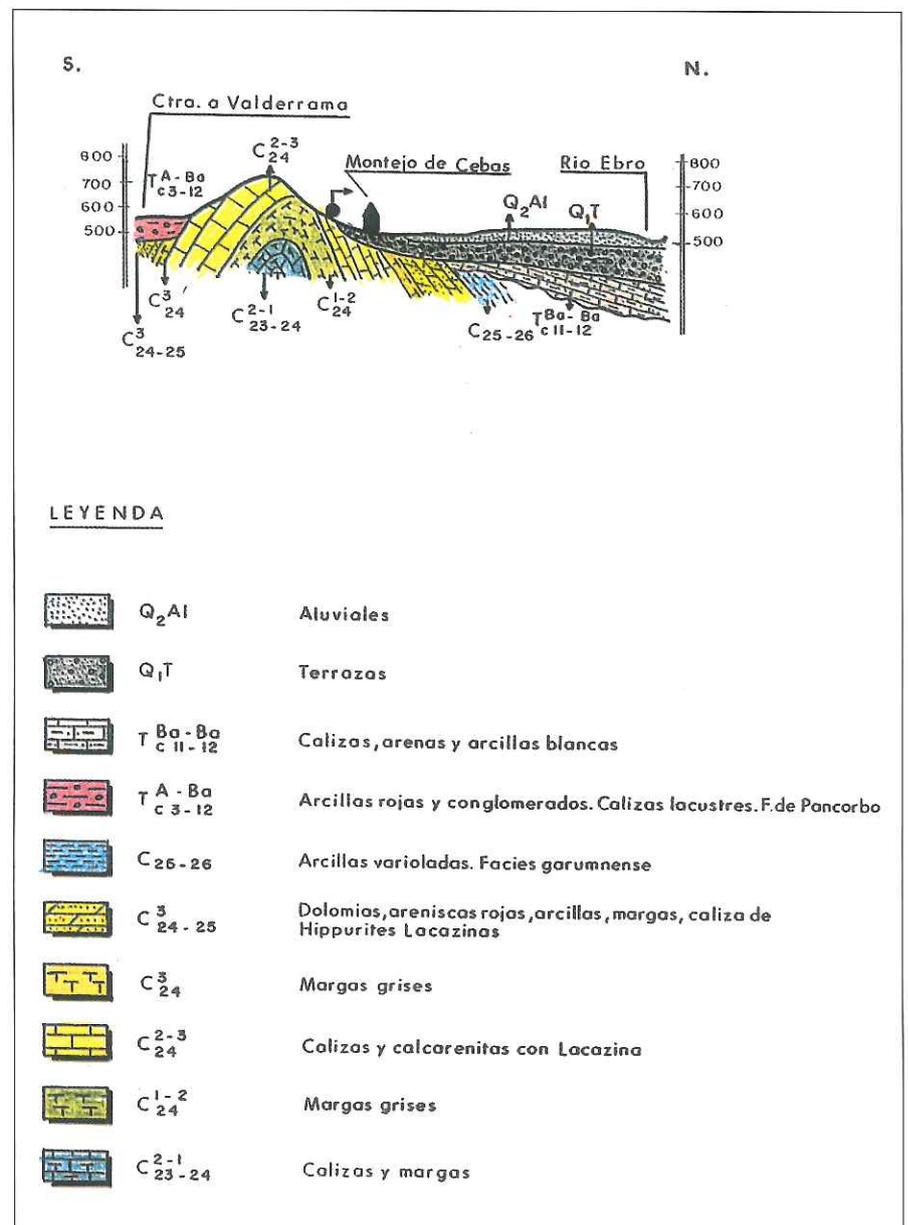
Balneario de Fuensanta de Coyangos.

Guía de Balnearios del año 1912 como especialmente indicadas para las dermatosis herpéticas y los catarros bronquiales. De las antiguas instalaciones hidroterápicas tan solo existe una nave en ruinas en la parte posterior de la finca, en la que todavía queda algún resto de las bañeras de mármol utilizadas en su día. Las instalaciones se abastecían, según referencias antiguas, de tres manantiales de aguas sulfatado-cálcicas y ferruginoso-bicarbonatadas, aunque en la visita realizada recientemente tan sólo se han localizado dos de ellos: uno, en el jardín de entrada, en la zona próxima a la carretera, de aguas ferruginosas; y, a unos 20 m de distancia, otro pequeño manantial

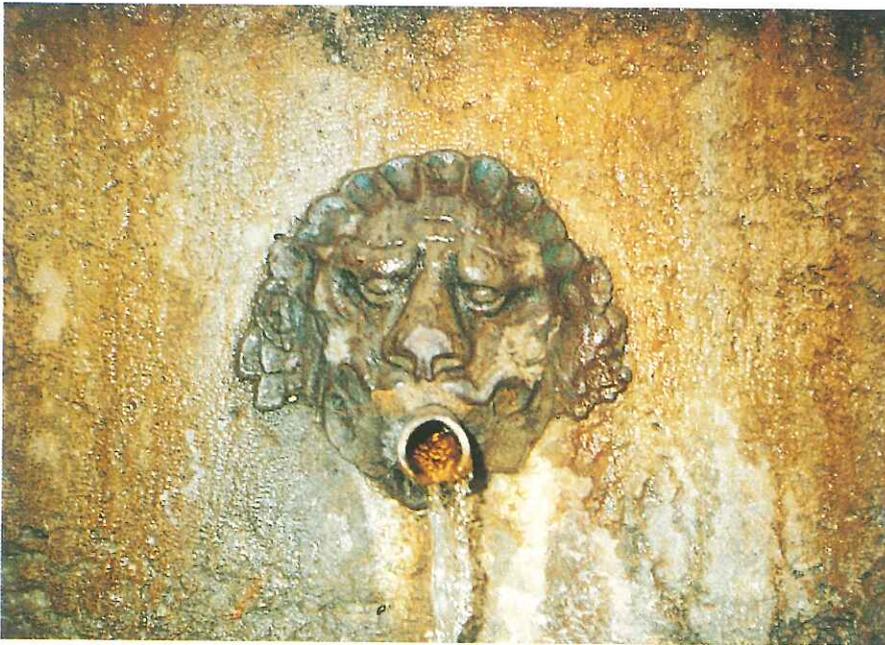
de aguas sulfurosas de olor intenso a huevos podridos que, posiblemente, se trate de la fuente de Gayangos citada por Gutiérrez Bueno en el año 1805 y comentada con anterioridad en este trabajo bajo el grupo de Espinosa de los Monteros.

Los dos manantiales mencionados se encuentran asociados a sedimentos del Triásico superior, correspondientes a la estructura de extrusión diapírica de Rosío.

Las aguas del manantial principal, situado en el jardín de entrada, son de carácter sulfatado-cálcico, con altos contenidos en bicarbonatos (221 mg/l), cloruros (130 mg/l) y sodio (119 mg/l), y de mineralización fuerte.



Corte geológico. Montejo de Cebas.



Fuente del Rey. Rubena.

Montejo de Cebas (Balneario de)

El antiguo balneario se sitúa a orillas del río Ebro, a 500 m de la población de Montejo de Cebas, en el Valle de Tobalina.

Las instalaciones de los antiguos baños se encuentran ubicadas en un edificio de una planta, junto al río, siendo su estado de abandono. Junto a este edificio, a un metro de profundidad, se encuentra un pequeño pilón donde brota el manantial con un caudal muy escaso; su cota de surgencia es de 0,5-1 m de altura sobre el nivel del río Ebro, distante 15 m.

Madoz, en el año 1845, hacía referencia a "...una fuente llamada de la Salud en cuyas aguas van a bañarse muchos enfermos". Según la "Guía Oficial de Balnearios y aguas mineromedicinales de España" de 1946-47, las mismas estaban indicadas para las afecciones del riñón, estómago, hígado y artritis, vendiéndose también embotelladas.

El manantial se encuentra relacionado con un tramo calizo compacto, formado por calcarenitas bioclásticas de tonos beige y rojizos. Se presenta, en general, muy karstificado y con espesores comprendidos entre 80 y 150 m, correspondientes al Cretácico superior (Santoniense medio-superior).

De los análisis realizados en marzo de 1997 se desprende que las aguas son bicarbonatadas cálcicas, con escasos contenidos en oligoelementos y de mineralización débil (304 mg/l de residuo seco a 110 °C).

Rubena (Fuente del Rey)

Esta fuente se encuentra próxima al núcleo de Rubena, justo en el km 251 de la N-I (Madrid- Burgos- Irún). La fuente, levantada en 1790, es ya mencionada en el "Tratado completo de las fuentes minerales de España", elaborado por D. Pedro María Rubio en 1853. Sobre su situación se decía: "La fuente de agua mineral llamada del Rey, está situada a un tiro de bala de la población, a la derecha del camino real, y tocando con él", y en cuanto a su composición se mencionaba que: "El Dr. Bonifacio Gil y Rojas, ilustrado médico titular de la ciudad de Burgos, ha practicado, en 1849, un análisis de este agua... correspondiendo por su temperatura a las frías, y por su composición química a las ferruginosas carbónicas." De sus usos e indicaciones también se decía: "... Se usan solo en bebida y chorro. La temporada es de 1° de mayo a fin de septiembre. Acreditado este manantial en el siglo anterior por la curación de un canónigo de Burgos que padecía de mal de orina, arregló esta fuente el Ilmo. Sr. Arzobispo de Burgos D. José Rodríguez de Arellanos, que también experimentó alivio en una enfermedad análoga"... "La concurrencia a estas aguas, es hasta el día insignificante, no habiendo habido antes médico alguno que se haya ocupado en el estudio de sus virtudes medicinales. Ha contribuido también a retraer a muchos de

su uso el vulgar error de los naturales de Rubena, que suponen que estas aguas son cobrizas."

Las aguas son bicarbonatadas cálcicas con altos contenidos en sulfatos (168 mg/l) y mineralización fuerte (509 mg/l de residuo seco a 110 °C).

Salinas de Rosío (Balneario de)

Con este nombre se conocía un antiguo balneario, situado a 1 km de la villa de Salinas, en el partido judicial de Villarcayo. En la actualidad, después de haberse realizado la concentración parcelaria, no queda ningún vestigio de este establecimiento.

Sus aguas presentaban facies clorurado-sódica y carácter sulfuroso, según se decía en la "Relación por provincias de las aguas minero-medicinales de España", realizada por el IGME en el año 1913. Las mismas estaban indicadas para escrofulismo, dermatosis, herpetismo, catarros y para diversas enfermedades del aparato digestivo, según la Guía de Balnearios correspondiente a la temporada del año 1912.

Geológicamente, el manantial se sitúa sobre la estructura diapírica de Rosío formada por materiales triásicos, y más concretamente por facies del keuper constituidas por arcillas y margas, entre las que se intercalan bancos más o menos potentes de yesos. También son frecuentes los afloramientos dispersos de masas volcánicas constituidas por rocas ofíticas de gran compactidad y dureza, que presentan una coloración verdosa.

Actualmente se siguen explotando las salmueras, extraídas mediante sondeos, para la obtención de sal por el sistema de evaporación, actividad que ya era reseñada por Madoz (1845-50): "la elaboración de la sal, que se saca de un pozo de 30 pies de profundidad, por medio de una máquina parecida a la de las norias."

Santolín (Manantial de)

Este manantial se encuentra a la salida del pueblo de Quintana-Urría, en la vertiente noroeste de la serrezuela de Rojas, junto a la carretera que une Rublacero de Abajo con Briviesca. Su uso tradicional ha sido el de abastecimiento urbano a la población de Quintanaurria y, actualmente también, se ha



Manantial de Santolín.

embotellado como agua de bebida, al haber sido declarada para sus aguas la condición de Mineral Natural, con fecha 6 de abril de 1994.

El caudal medio estimado de este manantial es de 30 l/s y la facies química de sus aguas bicarbonatada cálcica, con un residuo seco máximo a 110 °C de 274 mg/l, lo que a su vez la caracteriza como oligometálicas o de mineralización débil. Asimismo, según el informe de la Cátedra de Hidrología Médica de la Universidad Complutense de Madrid, se le atribuyen a estas aguas las acciones beneficiosas siguientes: antiácida, acción sedante antiexudativa y protectora de la mucosa y efectos antisépticos y favorecedores de la evacuación gástrica, y efectos diuréticos.

Las instalaciones de la planta embotelladora están contiguas a la caseta



Manantial de Soportilla.

que alberga el sondeo de regulación del manantial de 48 m de profundidad. La planta, construida en el año 1995, envasa aproximadamente 140.000 l/día y elabora sus propios envases. Aguas de Santolín es junto con Aguas de Corconte las dos únicas plantas embotelladoras que funcionan actualmente en la provincia de Burgos.

Soportilla (Manantial de)

Este manantial, junto con el de Sobrón, abastecían la estación termal de Sobrón y Soportilla, situada en la orilla izquierda del río Ebro, en la provincia de Álava. El manantial de Soportilla se encuentra en la margen derecha del río, en el lado burgalés, accediéndose al mismo por un puente construido hacia el año 1903, que todavía se conserva. De la antigua estación termal y del hotel no queda ningún vestigio. La zona alberga actualmente el Parque Educativo Medioambiental de Sobrón y cuenta con varios establecimientos dedicados a la hostelería.

Las aguas del manantial de Soportilla son bicarbonatadas cálcicas y su caudal aproximado de 1 l/s, que se

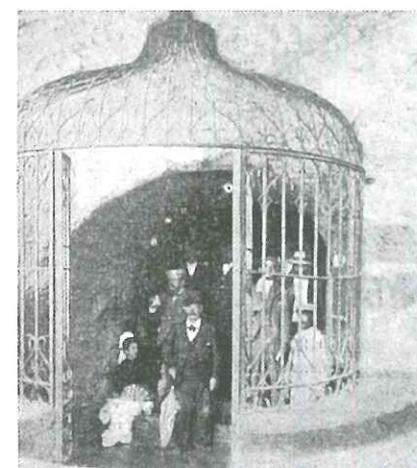
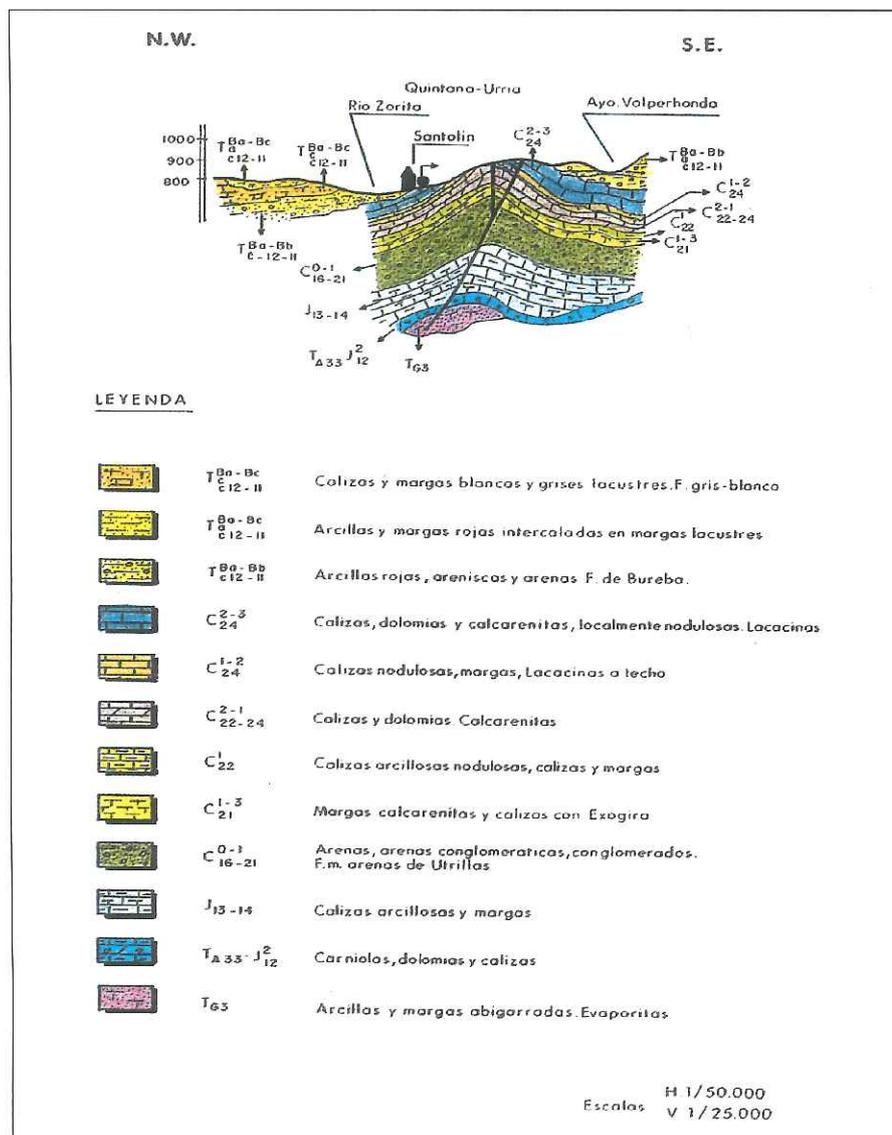


Foto antigua del mismo lugar.



Corte geológico Aguas de Santolín.

Estas aguas se venden en todas las principales farmacias y droguerías de España y Ultramar.
La temporada oficial para el uso de estas aguas en los mismos manantiales es desde el 15 Junio al 30 Septiembre.

APLICACIONES MEDICAS
Aguas del manantial de Soportilla

Útilísimas en las afecciones del estómago, hígado, conductos biliares, litiasis, hepática, albuminuria, diabetes, sacarina, artritis, otitis y mucosa y distintos catarrros.

Aguas del manantial de Sobrón

Poderoso auxiliar de las de Soportilla y más útiles en la diatesis urica, litiasis renal, con ó sus cólicos nefríticos, otitis del riñón ureterales y vejiga, alimentan el Bañerío y son por su temperatura ídicas y con adecuada termalidad, útiles en las dermatitis acnéicas.

Están contraindicadas en la tisis y los cánceres.

Durante su uso se prohíbe el de los alcoholos en general.

EL VICHY ESPAÑOL

DOS MANANTIALES

AGUAS DE SOBRÓN Y SOPORTILLA

Premiadas en las Exposiciones de Madrid, Amberes, Zaragoza, París, Burdeos y Francfort.

CLASIFICACION OFICIAL
BICARBONATADAS SÓDICAS
Composición química

Componentes	Sobrón	Soportilla
Oxígeno	0,005	0,004
Nitrógeno	0,006	0,005
Acido Carbónico	0,126	0,047
Materia Orgánica	0,000	0,000
Bicarbonato Sódico	0,092	0,458
Cálculo	0,068	0,188
Magnesio	0,021	0,015
Cloruro Sódico	0,387	0,016
Sulfato Sódico	0,000	0,006
Cálculo	0,020	0,000
Silicato Sódico	0,000	0,040
Acido Fóscico	0,000	indicio
Total materias fijas	0,588	0,872
Temperatura	20°	22°

Establecimiento el más concurrido de los del Norte de España.

Los pedidos diríjase a la Sociedad Concesionaria "Aguas Minerales" Estación, 1 BILBAO
Indíquese al hacer los pedidos que se sirven todo el año de que manantial han de enviarse.

Aguas de Sobrón y Soportilla.

vierte directamente al río Ebro. Antiguamente, las aguas de Sobrón y Soportilla se embotellaban de forma independiente, según reza en la etiqueta: "Indíquese al hacer los pedidos que se sirvan todo el año, de qué manantial han de enviarse", llegando a gozar las mismas de fama mundial. Asimismo, en la "Guía oficial de Bañeríos y Aguas Minero-medicinales de España", de 1946, se hacía la siguiente clasificación de estas aguas: "Sobrón, para mesa, y Soportilla, medicinal, bicarbonatadas sódicas".

El manantial se desarrolla sobre materiales del Cretácico superior, constituidos por margas grises y calizas, drenando la unidad hidrogeológica 09.04 Montes Obarenes-Sobrón. Estos materiales se encuentran fuertemente plegados, constituyendo un anticlinal de dirección N-S, cuyo núcleo, en la zona del pueblo de Sobrón, se halla intensamente fracturado.

Valdelateja (Bañerío de)

Este establecimiento balneario, construido a principios de este siglo sobre unas antiguas instalaciones hidroterápicas, funcionó como tal hasta los años 30, siendo posteriormente comprado por varias órdenes religiosas que lo utilizaron como residencia de verano y centro ocupacional. El antiguo edificio y una pequeña piscina con vestuarios, construida en los años 40, se conservaron hasta 1995, año en el que fue remodelado totalmente. En su lugar se han construido dos edificios que funcionan como hotel y restaurante.

El manantial está situado al pie del río Rudrón, en su margen derecha, y sobre materiales cretácicos del Turoniense inferior, constituidos por margas, cuyo espesor no supera los 50 m, situadas bajo los crestones calizo-dolomíticos de paredes casi verticales del Turoniense medio. El manantial surge



Antiguo Bañerío de Valdelateja.

en el contacto entre los farallones de calizas y dolomías masivas con el nivel impermeable de margas.

Conclusiones

Esta revisión actualizada de las aguas minero-medicinales que antiguamente se conocían en la provincia de Burgos, pone de manifiesto, la pérdida de la utilización y conocimiento de unos usos tradicionales unidos a la cultura antigua sobre las aguas. De las diez instalaciones balnearias que llegaron a funcionar en la provincia, tan sólo el Bañerío de Corconte sigue en activo. Asimismo se embotellaban las aguas de cinco manantiales, quedando sólo en nuestros días el Agua de Corconte y la reciente Agua de Santolín.

En estos últimos años, cuando asistimos al final del segundo milenio, resulta paradójico como se ha apreciado un sensible aumento por la vuelta a los tratamientos naturales y tradicionales, produciéndose en otras zonas un incremento notable en el número de agüistas que asisten a balnearios y en el consumo de aguas embotelladas.

Un conocimiento profundo desde el punto de vista hidrogeológico del funcionamiento de los manantiales y de sus recursos, unido a unos serios criterios de las propiedades beneficiosas de su uso hidroterápico y consumo, pueden devolver a la provincia de Burgos el reconocido prestigio con el que contaba en materia de aguas minero-medicinales. Actualmente se están realizando por parte de la Excm. Diputación Provincial de Burgos una serie de estudios para conocer a fondo las características del manantial de Oña.

Referencias bibliográficas

Asociación Nacional de Estaciones Termiales (ANET). (1997). Termalismo y balnearios. Boletín nº 9.

Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasadas (ANEABE). (1995). Libro Blanco del sector de las aguas de bebida envasadas en España.

IGME. (1913). Relación por provincias de las Aguas Minero-Medicinales de España.

IGME. (1947). Mapa de aguas Minero-medicinales de España.

Antiguo Ministerio de Fomento. (1892). Monografía de las aguas minerales y termiales de España.

MOPTMA. (1993). Guía de establecimientos balnearios de España.

Paredes, E. y Martínez, F. (1912). Guía oficial de las Aguas Minero-Medicinales y establecimientos Balnearios de España.

Rubio, P. M. (1853). Tratado completo de las fuentes minerales de España.

La Evaluación de Impacto Ambiental en España

José Ramón González Lastra

Geólogo. TECNA, S. L.

En este artículo se mencionan los principales logros y dificultades que la aplicación de la legislación de impacto ambiental presenta en España desde su implantación hace más de una década, tanto desde el punto de vista técnico como administrativo.

La nueva Directiva de Impacto, supone la necesaria transformación y adaptación del cuerpo legal existente, al menos en lo que respecta a la legislación básica. Se presenta así, una excelente oportunidad de mejorar aquellos aspectos que han supuesto desviaciones en la correcta aplicación.

No es factible plasmar en un artículo todos y cada uno de los conceptos principales que una materia tan compleja como la que se expone en el título, precisa para su correcta comprensión. La necesaria restricción de espacio, impone limitarse a los aspectos principales, por lo que el lector podrá constatar carencias y lagunas que son inevitables.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en España, se rige por el Real Decreto Legislativo 1302/1986, que traspone la Directiva 85/337/CEE. Además, múltiples Comunidades Autónomas han regulado la materia a través de Leyes y Decretos, desde la ley balear (anterior al propio Real Decreto), hasta la última legislación producida por la Comunidad Autónoma Vasca.

El RDL 1302/1986 ha sido objeto de numerosas críticas, sobre todo, en lo que se refiere al listado de proyectos sometidos al instrumento, pues no incorpora más que tres casos del listado del Anexo II de la Directiva. Otro tipo de críticas se pueden considerar innecesarias, pues supuso un gran avance en varias cuestiones relacionadas con las técnicas de evaluación de impacto ambiental.

Así, introduce novedades respecto de la Directiva, tales como la incorporación de una fase de consultas previas

(que se manejó en el borrador de Directiva, pero que no salió adelante), o la necesidad de presentación de alternativas que, aunque tratada de forma muy superficial, supuso que en los proyectos de infraestructura viaria se presentarían varias alternativas de trazado.

La pronta transposición de la Directiva (pasado un año después de su publicación) y la profusión de regulaciones normativas de las Comunidades Autónomas indica el alto interés que este instrumento tiene para las diferentes administraciones actuantes en materia de medio ambiente, hasta el punto que, en muchas de ellas, se amplían los conceptos, instrumentos y figuras existentes en el Decreto español.

Así, en algunas normas, se introduce una nueva figura que recibe distintas denominaciones, a la que llamaremos Evaluación Simplificada, que se aplica a un gran número de proyectos de pequeña entidad, diferenciándose del procedimiento normal en que no es necesario presentar estudio de impacto ambiental o si es necesario éste es bastante más reducido y, además, reduce los plazos y trámites necesarios.

Igualmente, en muchas de las normas se han incorporado un buen número de nuevas actividades sometidas al procedimiento de evaluación de impacto. Destaca la incorporación de al-

gunas planificaciones al listado de actividades sometidas, sobre todo el planeamiento urbanístico, como en el caso de las Comunidades valenciana o andaluza, si bien, se someten al procedimiento normal. Un paso más se ha plasmado en la ley del País Vasco, pues crea una nueva figura de evaluación de planes y programas, incorporando diferentes tipos.

La normativa española sobre EIA, supone un gran avance sobre lo establecido en la directiva europea

Así pues, la Directiva 85/337/CEE sobre Evaluación de Impacto Ambiental, ha sido una de las directivas fundamentales para la protección del medio ambiente en España, debido a la gran riqueza naturalística de nuestro país y a la necesidad de construcción de grandes infraestructuras.

Además, se puede afirmar que, en la mayor parte de los casos, los procedimientos de impacto se aplican con un alto rigor técnico y administrativo. Si a esto unimos el hecho del gran número de casos que se han aplicado en España, en los once años transcurridos, se puede concluir la importancia y vigor que tiene este instrumento en nuestro país.

No obstante, existen problemas, muchos de ellos conocidos, en la aplicación de las normas, tanto de carácter técnico como administrativo.

Así, como en otros muchos campos de la actividad humana, en la EIA existen errores de concepto que circulan entre los interesados en esta materia y, en ocasiones, entre los propios profesionales. En algunos casos, estos errores provienen de un desconocimiento de la legislación y técnicas aplicables y, en otros, de argumentos intencionados, que ocultan o tratan de manipular la realidad.

En primer lugar, destaca la creencia errónea de que la EIA es una especie de autorización que otorga un órgano ambiental, cuando la realidad es otra, puesto que la evaluación repre-

senta un juicio crítico de las repercusiones ambientales que un proyecto o actividad humana pueda representar sobre el entorno. Este juicio o evaluación se debe integrar en el procedimiento autorizador de la actividad, por lo que se trata de una especie de auditoría realizada de forma independiente del órgano administrativo que tenga la competencia y responsabilidad de autorizar una actuación.

Así queda claramente reflejado en la mayor parte de las legislaciones de países que aplican este instrumento preventivo, incluida la directiva comunitaria, la legislación básica española y muchas de las leyes y decretos autonómicos dictados al efecto.

La segunda creencia errónea más destacada es la consideración de que la EIA es un instrumento preventivo de los impactos causados por las actividades humanas solamente sobre el medio natural, es decir, la fauna, la flora, el agua, la atmósfera y el paisaje natural. Efectivamente, la EIA sirve para este fin, pero no es el único; de hecho, tanto la directiva comunitaria como el Real Decreto Legislativo español, ponen en primer lugar de la lista al propio hombre y sus actividades, de forma que también sirve como instrumento preventivo para evitar los perjuicios que una actividad humana pueda representar sobre otras actividades.

La práctica de las evaluaciones realizadas pone de manifiesto que realmente se analizan y tratan de corregir los impactos causados sobre el hombre, como lo demuestran algunas evaluaciones notorias producidas en el país en los últimos años.

Otra creencia generalizada es la de que el instrumento preventivo acaba con la Declaración de Impacto Ambiental, cuando la técnica aplicada a las evaluaciones pone de manifiesto la gran importancia de los instrumentos de comprobación del cumplimiento de las prescripciones incluidas en la declaración, en forma de Plan de Vigilancia. Así pues, una correcta evaluación no termina con la publicación en el correspondiente Boletín Oficial, sino que debe extenderse hasta el control del cumplimiento de las medidas impuestas y la comprobación de que los impactos producidos se corresponden realmente con los predichos en el Estudio de Impacto Ambiental.

Uno de los casos que mejor pueden ilustrar estas consideraciones pre-

vias, bien conocido del gran público, es la ampliación del aeropuerto de Madrid-Barajas, procedimiento realizado hace ya más de tres años. Efectivamente, en la ampliación de la tercera pista del aeropuerto, la mayor parte de los usuarios afectados creían que la EIA era un procedimiento autorizador, de forma que concentraron todos sus esfuerzos y presiones en la autoridad ambiental que debía emitir la correspondiente declaración.

Es también un ejemplo notorio de la prevención aplicada al hombre, además de al medio natural, puesto que el principal efecto negativo, el ruido, lo es sobre el propio hombre y sus actividades.

Finalmente es un buen ejemplo de la escasa consideración que merece el instrumento, respecto de las cuestiones relativas al Plan de Vigilancia y al control de las limitaciones impuestas en la propia Declaración. Efectivamente, son escasas las limitaciones y prescripciones cumplidas, siendo muy significativas las incumplidas, sin que el órgano ambiental, que debe velar por la correcta aplicación del instrumento, haya hecho nada por corregir la situación.

La carencia más notable del actual instrumento es el escaso rigor aplicado a la vigilancia y control

Entre las cuestiones aún por resolver destacan las referidas a la calidad de los estudios de impacto ambiental. Efectivamente, en determinados casos, los estudios que se someten al procedimiento evaluador carecen de las necesarias condiciones como para fundamentar sobre ellos una correcta evaluación. Y ello por tres razones:

- Insuficiente información de partida sobre el medio receptor de la actividad.
- Insuficiente dotación económica para su realización.
- Insuficiente conocimiento del funcionamiento de determinadas medidas correctoras.

Existe una carencia generalizada

de información básica que permita definir el estado preoperacional del medio receptor de la actividad sometida a estudio. En los casos de actividades puntuales o de pequeña extensión, los datos de partida pueden ser recolectados con un esfuerzo razonable a la escala necesaria para poder realizar la evaluación posterior de impacto.

En el caso de grandes infraestructuras que ocupan una gran cantidad de espacio (por ejemplo grandes embalses), o que son de trazado lineal pero de gran longitud, recoger la información precisa del medio ambiente que puede resultar afectado, es mucho más costoso tanto en tiempo como económicamente. Mucho más si se considera que en estos casos, la zona de estudio puede ser muy amplia en función de la existencia de alternativas.

Es preciso recordar que para realizar una EIA correcta, desde el punto de vista técnico, es preciso disponer de un estudio de impacto ambiental correcto, y esto sólo es posible si se dispone de la información ambiental necesaria para definir el estado preoperacional del medio ambiente. En muchos casos, en los que se producen afecciones al medio natural, es preciso disponer de diferentes cartografías temáticas a la escala adecuada, tales como mapas geológicos, de vegetación, de paisaje, etc.

Experiencias relativamente recientes de realización de estas cartografías, ponen de manifiesto que alcanzan un coste relativamente alto, que, para el caso de los estudios de impacto ambiental, se puede estimar entre 10 y 15 millones por hoja a escala 1:50.000. Si se tiene en cuenta que un proyecto de gran infraestructura viaria con tres alternativas puede ocupar franjas de terreno equivalentes a entre 4 y 10 hojas 1:50.000, el coste de recoger esta información temática puede oscilar entre 40 y 150 millones de pesetas.

La segunda causa habitual de la insuficiente calidad de los estudios de impacto ambiental (insuficiente dotación económica) deriva, en algunos casos, de la primera razón expuesta, pues hay que dedicar entre un 60% y un 80% del presupuesto de realización a la recogida de información, que reduce sustancialmente la dedicación al estudio propiamente dicho. En otros casos, sobre todo en los estudios de proyectos realizados por la administración se realizan concursos públicos de asistencia técnica para la realización

del proyecto y del estudio de impacto ambiental conjuntamente. Los criterios de adjudicación se basan, sobre todo, en la calidad técnica e idoneidad de equipos para la redacción del proyecto constructivo, dejando de lado totalmente la valoración de criterios técnicos referidos al estudio de impacto.

Aún más, en muchos casos, los estudios de impacto se realizan mediante subcontrataciones, destinando a este fin presupuestos menores que los reservados por la administración contratante. Es significativo, a este respecto, que las grandes ingenierías no dispongan de verdaderos equipos multidisciplinarios para la realización de los estudios de impacto, sino de equipos o personas que dirigen la realización de los mismos, subcontratando la mayor parte de los trabajos.

La tercera causa de la insuficiente calidad de los estudios de impacto deriva del insuficiente conocimiento técnico existente en cuanto a la eficacia de las medidas correctoras. Esto es lógicamente sólo aplicable a algunos tipos de medidas, y no a todas, pues se tiene suficiente conocimiento disponible en fuentes bibliográficas del impacto causado por diferentes actuaciones sobre el medio natural. Sin embargo, al no haberse realizado los planes de vigilancia de estudios de impacto anteriores, existe un profundo desconocimiento sobre la eficacia de algunas medidas correctoras que se vienen aplicando en la creencia de su bondad, si bien no existe constatación cierta de la misma.

Así, ocurre que se desconocen los efectos reales que sobre muchas especies puedan causar las grandes obras públicas, aplicándose medidas correctoras que pueden resultar excesivas o insuficientes, con un alto coste innecesario para el proyecto o para el medio.

Otras cuestiones aún por resolver, entremezclan razones de tipo técnico y administrativo, derivadas de la fase del proyecto en que se debe realizar la evaluación. Tanto la Directiva comunitaria como el Real Decreto Legislativo español, imponen que el estudio de impacto se debe realizar inmediatamente antes del inicio de las obras, sobre el proyecto constructivo de la actuación que se somete al instrumento evaluador.

Desde algunos puntos de vista parece lógico realizar la evaluación en esta fase, pues es el momento en que se conocen con todo detalle las impli-

caciones de la obra a realizar, necesarias para realizar la evaluación. Están pormenorizadas cada una de las actuaciones, desde la ubicación exacta de las actuaciones, movimientos de tierra, empleo de materias primas, vertidos, etc.

Sin embargo, esta situación es incompatible con la consideración real de alternativas razonables a la actuación prevista, pues sería impensable disponer de los proyectos constructivos de las posibles alternativas. Baste decir, a este respecto, que el costo de un proyecto constructivo bien realizado supone entre el 5% y el 10% del coste final de la obra. Si se manejan tres alternativas, disponer de los correspondientes proyectos constructivos a fin de realizar los estudios de impacto y la subsiguiente declaración, encarecería el proyecto entre un 10% y un 20%.

En el caso de España, las evaluaciones de impacto, en los casos en que se analizan alternativas reales, se realizan en la fase de anteproyecto. Por ejemplo, en carreteras, se producen, no sobre el proyecto constructivo, sino sobre el denominado "Estudio Informativo", fase en la cual todavía no se han tomado decisiones de localización exacta, sino que se manejan tres o más alternativas reales de localización de la infraestructura.

Existen problemas de carácter técnico y administrativo en los actuales instrumentos

La decisión de realizar las evaluaciones en esta fase es perfectamente defendible, pues si bien, se incumple la letra de la legislación, la evaluación se materializa más acorde con el espíritu del instrumento, pues es innegable que la mayor parte de las principales afecciones pueden ser evitadas mediante la selección de la alternativa de trazado menos impactante, mientras que si el trazado estuviera definido, la evaluación se limitaría a lo que en argot profesional se denominan "operaciones de jardinería" o "pintar de verde", mediante la aplicación de las correspondientes medidas correctoras.

Finalmente, otras cuestiones que no están bien resueltas son de tipo administrativo. Entre ellas, destacan tres:

- El excesivo plazo para la emisión de declaraciones de impacto ambiental.

- La existencia de varios órganos ambientales actuantes sobre el territorio.

- La ineficiencia de los sistemas de participación pública en el proceso de evaluación.

En cuanto a los plazos en los que se realiza el trámite, éste puede ser muy variable, dependiendo de la administración que lo tramite. En muchos casos, se superan los plazos reglamentariamente establecidos, por varias razones, entre las que destacan dos: la falta de personal necesario y las carencias de todo tipo que presentan los estudios de impacto sometidos a declaración.

Es significativo el hecho de que se han producido legislaciones que requieren nuevas funciones de determinados servicios de la administración y no se han dotado nuevas plazas para la realización de estas funciones. Así, con el mismo personal que existía antes de la entrada en vigor de decretos y leyes que someten a evaluación a un buen número de proyectos, se tienen que realizar las evaluaciones de impacto, lo que supone, normalmente, la acumulación de retrasos.

Por otro lado, en determinados casos, el estudio de impacto presenta serias imperfecciones que imposibilitan la emisión correcta de la correspondiente evaluación. Esto debería significar la devolución del estudio de impacto al promotor para su corrección, si bien, en la mayor parte de los casos, dado que cuando el estudio de impacto llega al órgano ambiental se ha realizado ya la fase de exposición pública, las devoluciones significarían un retraso de varios meses, por lo que desde el propio órgano ambiental se tratan de suplir las carencias del estudio, lo que significa también un retraso pero de menor entidad.

En muchas ocasiones se acusa a los órganos ambientales de haber tardado incluso años en la realización de las evaluaciones, contando desde el inicio de la fase de consultas previas hasta la publicación de la declaración. Es preciso recordar que desde que en este lapso de tiempo se incluye la realización de los correspondientes proyecto y estudio de impacto ambiental, cuya duración es imputable, únicamente, al promotor de la actuación.

La existencia de varios órganos ambientales actuantes sobre el mismo territorio es una derivación de la existencia del estado de las autonomías, puesto que al ligarse el procedimiento de impacto al procedimiento autorizador, si la competencia reside en la Administración Central para autorizar una obra, el órgano ambiental será el Ministerio de Medio Ambiente, mientras que si se trata de un proyecto que autoriza una Comunidad Autónoma, el órgano ambiental, será la correspondiente Consejería de Medio Ambiente.

Se puede dar la paradoja de que una misma actuación, por ejemplo una autovía, pueda ser evaluada por la administración central o por la Comunidad Autónoma, según la carretera sea de la red estatal o de la red autonómica. Estos casos, similares a los que se producen en otros ámbitos administrativos, presentan, sin embargo una característica singular, pues no está previsto ningún mecanismo de coordinación entre órganos ambientales, de forma que los criterios evaluadores pueden ser muy diferentes sobre los mismos tipos de actuaciones o sobre las mismas porciones del territorio.

Finalmente, otra cuestión no excesivamente bien resuelta, es la de la participación pública en los procedimientos evaluadores. Puede parecer un tema marginal o de no mucha importancia, pero muy al contrario, se trata de un aspecto fundamental, así recogido en la Directiva Comunitaria. En España, se ha articulado el ya conocido mecanismo de Información Pública, como elemento base de la participación.

Este mecanismo, que presenta grandes ventajas sobre los aplicados en otros países, adolece, sin embargo, de un defecto, que es el de la publicidad, pues se limita a una escueta nota en el Boletín Oficial correspondiente, en el que se informa del plazo de presentación de alegaciones y el lugar o lugares en que se puede consultar la información.

Hasta aquí, se han mostrado, de forma necesariamente breve, las principales características de la aplicación de este instrumento en España. Sin embargo, el marco legislativo comunitario ha variado en los últimos años. Precisamente durante la última Presidencia española de la Unión, se alcanzó la posición común en el seno del Consejo de Ministros europeo, sobre una importante modificación de la

Directiva, tomando cuerpo legal en la Directiva 97/11/CE.

Esta nueva Directiva, amplía de forma sustancial el contenido del Anexo I, pasando de 9 categorías de proyectos a 21, mientras que por modificación del artículo 4, queda clara la obligación de los estados en lo que se refiere a los proyectos incluidos en el Anexo II, de forma que éstos se someterán al procedimiento en un análisis caso por caso (para lo que se establecen los criterios en un nuevo Anexo III) y/o en las zonas que previamente se determinen por cada estado miembro. Igualmente, establece la obligatoriedad de la implantación de la fase de consultas previas y la necesidad de plantear alternativas en los proyectos.

La obligación preceptiva de realizar la transposición ha finalizado ya (el pasado 14 de marzo de 1999), sin que el Gobierno español, haya cumplido con esta obligación legal, de una Directiva fundamental para el medio ambiente de nuestro país. Existe, sin embargo, un borrador de Anteproyecto de Ley, que aunque presenta alguna novedad respecto de la nueva Directiva, no incide para nada en las carencias observadas en la aplicación actual y que han sido objeto de relato en los párrafos que anteceden.

El anteproyecto de ley presenta muchas carencias y no resuelve los problemas pendientes

Como novedad fundamental del borrador de Anteproyecto de Ley, se presenta la de una nueva figura aplicada a la Evaluación de Planes y Programas. Esta nueva figura de la que se viene hablando desde casi el mismo momento en que se puso en marcha la Evaluación de Impacto Ambiental, ha sido objeto de intensos debates técnicos en la administración europea y en foros científicos, revelándose como un instrumento de gran utilidad para la prevención ambiental, desde el mismo inicio de las grandes planificaciones que se hacen sobre un territorio.

Aunque la Comisión Europea ya

presentó a los estados miembros un borrador de Directiva de Evaluación de impacto de Planes, Programas y Políticas, no parece haber el más mínimo consenso no ya sobre el documento presentado, sino sobre la necesidad de su aprobación, en contraste con el interés científico y ambiental del mismo. Quizás, la razón se deba a que incide muy notablemente sobre aspectos de la organización territorial de los estados miembros de la Unión, que hasta ahora es una materia sobre la que la Unión no tiene ninguna competencia.

Sin embargo, en el borrador de Anteproyecto de Ley, esta nueva figura de gran importancia, no se define en absoluto, pues no se determina ni el contenido mínimo de los estudios de impacto, ni el alcance, plazos, determinaciones, etc. de la declaración, ni obligaciones derivadas de la evaluación, por lo que la eficacia del mismo puede ser prácticamente nula, lo que hace augurar su práctica desaparición en la tramitación subsiguiente.

Mención especial merece el papel que este nuevo borrador confiere a las Comunidades Autónomas en las declaraciones que formule la Administración Central. A pesar de que en la exposición de motivos se dice textualmente: "La Ley garantiza la participación de las Comunidades autónomas en aquellos proyectos de competencia estatal que vayan a realizarse total o parcialmente sobre el territorio de las CCAA...", en el articulado únicamente se establece que las Comunidades Autónomas emitirán informe en la fase de consultas previas, fase en la que el proyecto todavía no está concretado, por lo que difícilmente, se podrá concretar una posición técnica razonable en este momento del procedimiento.

Esto es especialmente grave, pues las Comunidades Autónomas conocen bastante mejor que la Administración central los condicionantes ambientales del territorio afectado por una infraestructura. El órgano evaluador del Ministerio sólo puede acceder a esta información a través del contenido del propio estudio de impacto, que, como ya se ha comentado, en muchas ocasiones, adolece de falta de rigor.

La solución a este tema parece obvia: la emisión del informe por parte de las Comunidades Autónomas, se debe hacer una vez finalizada la fase de información pública, o en todo caso de forma paralela a la misma. Además, en

caso de existencia de discrepancias entre los órganos ambientales de las respectivas administraciones deberían arbitrarse mecanismos de coordinación, de forma que, al menos, el órgano ambiental de la Comunidad Autónoma pueda conocer las discrepancias y alegar sobre ellas antes de la publicación de la Declaración de Impacto.

Otras carencias y defectos que presentan los actuales mecanismos, abordados en este artículo, pueden tener soluciones bastante fáciles. Así, por ejemplo, debería instrumentarse un mecanismo de seguimiento del Plan de Vigilancia distinto del actual, en el que la responsabilidad recaerá únicamente sobre la autoridad con competencia sustantiva de autorización, con nula o escasa participación del órgano ambiental.

Respecto de la publicidad de la fase de Información Pública, se debería concretar la necesidad de anunciar la misma en los medios de comunicación, para aquellos proyectos que tengan una cierta entidad y que los que en la fase de consultas previas se haya puesto de manifiesto un interés público relevante.

Para subsanar la insuficiente calidad de los estudios de impacto ambiental pueden y deben arbitrarse medidas de diferente índole, algunas de ellas extrañas a la necesaria modificación legislativa, entre las que destacan:

- Corrección del déficit de información general, mediante la puesta en marcha de programas conducentes a su obtención.

- Creación de un registro de sociedades habilitadas para realizar los estudios de impacto ambiental. Aunque pueda parecer una medida drástica, en otros campos de la actividad profesional relacionada con el medio ambiente, como es el caso de las ecoauditorías, se ha regulado en este sentido.

- El equipo interviniente en el Estudio de Impacto Ambiental, debe figurar en el mismo, así como el presupuesto destinado a su realización.

También es preciso dotar a los órganos ambientales de los medios técnicos suficientes para abordar la tramitación de los procedimientos con las suficientes garantías y en los plazos determinados, para lo cual es imprescindible la posibilidad de estudios referidos a la aplicación de medidas correctoras de los impactos y la ampliación de los equipos intervinientes.

Aunque las materias mencionadas

que significan nueva regulación legislativa o modificaciones en la planificación técnica son relevantes, hay dos aspectos adicionales que es imprescindible abordar en la nueva legislación.

Por un lado, la necesidad perentoria de establecer un nuevo mecanismo de Evaluación de Proyectos que permita la realización de la misma en dos fases: la primera, a nivel de anteproyecto para la elección de alternativas y la segunda, a nivel de proyecto, para la aplicación de medidas correctoras y compensatorias. Si no se regula así, se mantiene una situación de incumplimiento de legislación en el caso de las obras públicas que se someten a evaluación sin haberse realizado el correspondiente proyecto constructivo.

La coordinación de actuación entre los diversos órganos ambientales es esencial para la correcta gestión ambiental

Finalmente, por otro lado la utilización de los nuevos procedimientos aplicables al listado de proyectos del Anexo II de la Directiva en que se determina en que casos se someterán al procedimiento de evaluación: en las zonas que se determinen y/o realizando un análisis caso por caso. Aquí podrían juzgar un papel relevante las Comunidades Autónomas que deberían determinar en sus territorios las zonas sensibles en las que cualquier proyecto (de los que figuran en el mencionado Anexo) que se pretenda realizar sobre ellas se someta al procedimiento.

Son muchos y variados los problemas suscitados con la puesta en marcha de la Evaluación de Impacto Ambiental. Aunque en este artículo se ha incidido especialmente sobre ellos, es preciso finalizar manifestando que la puesta en marcha de este mecanismo ha representado un cambio sustancial en la generación de impactos sobre el medio ambiente respecto de épocas anteriores a su implantación, por lo que el balance general debe considerarse muy positivo.

Fuerzas de la naturaleza

La naturaleza es un enigma que los científicos se proponen descifrar, pero es también un universo al que podemos llegar por otros medios menos racionales pero igualmente válidos.

Si lo que buscamos es no sólo conocer las causas de los fenómenos sino sentir su fuerza, entender su dimensión brutal e incontrolable, sólo la imagen poética podrá devolvernos al origen del que procedemos.

Bocas de Vulcano

Devoradores de hijos cual Saturno enardecido
fieras de entrañas desgarradas en lenguas de fuego
que cubren naturaleza para brotar verdores nuevos.
Temidos vómitos de flujos cegadores
mensajeros de muerte, desolación y soledades
Ennegrecida escoria vacua, desalojada de vida,
mórbida y peregrina en su viaje al mundo
mano de artista que sepulta el lienzo de textura brava.

¡Que importa al fin lo que ahora seamos
si a través de la brecha oscura el magma poderoso
nos arrebatará la senda por la que anduvimos!
Cenizas del alba, núcleos del núcleo informe
depositadas por crueles dioses sin cielo
capaces de oscurecer el horizonte de plata
sin enternecerse, sin llorar las brasas
que cicatrizan montes y casas y soles.

Heridas sin fondo ni mano que las haga
por las que emergen tierras sin cuento
descarnadas, rotas en su espinazo en llamas
altas, enormes pirámides incandescentes
que enfría el mar en su envoltura.
Simas que engullen paisajes de un mundo
con historia que ya no tendrá pasado

¿Creéis medir los tiempos y los estadios
de lo calcinado, de la devastación sufrida
Creéis saber algo de lo acontecido?

Quizá no haya mucho más que fuego y sea preciso
quemarse en las cenizas para brotar en explosión
de luces en fundida brasa en fragmentos de corazón
Tenéis razón, seguid vuestro camino arado
los dioses velarán la antorcha roja que aún sangra
Tal vez mañana cuando se enfríe la estrella
que nos ama y alumbren mundos de hielo
sepamos que el calor que nos abrasa

es Vulcano

fraguador de amores, testigo mudo del borde
abismal, antípodas del cielo nebuloso
cancerbero de los celos que anidan en el volcán
del fondo de los fondos

Lágrimas de cielo

Donde las tempestades no respiran el aire
mueren los brillos sin fuego
nacen masas quemadas, desiertas,
despobladas en soledad de muerte
Llueven destellos en gotas fundidas
en disco limadas, desprendidas del núcleo
vidrios bárbaros sin voz alguna

En las vitrinas apenas se vislumbran
sus vivencias, su loca carrera descendida
el fulgor de su piel de negra estampa
No, permanecen quietas esperando
a que las toquemos con nuestras manos
y sus colinas alomadas nacen del aire
entre oquerosas garras engarzadas

Inertes quedan, una vez que fueron luz
entre estelas de atronador presagio,
fundiendo el alma de lo que tocan
meteoros del cielo lágrimas sin voz
de un mar de hielo, pobres y secas lágrimas

Almudena García-Orea Álvarez

Licenciada en Historia del Arte

Catedrática del I.E.S. Beatriz Galindo de Madrid

Agenda

CONGRESOS, CURSOS Y JORNADAS

8 - 12 Agosto

XI CONGRESO PANAMERICANO DE MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOLÓGICA

Info: idealiza@avalon.sul.com.br, Ciudad de Foz de Iguazú (Brasil)

17- 20 Agosto

XVIII CONGRESO BRASILEÑO DE MINERÍA + EXPOIBRAM '99 (Exposición Brasileña de Equipos Mineros).

Info: Republicar Eventos y Promoções Ltd, Rua Mármorte, 206. CEP 31010 Belo Horizonte. MG. Brasil.

13-17 Septiembre

CONGRESO INTERNACIONAL AGUA Y MEDIO AMBIENTE EN LA MINERÍA DEL SIGLO XXI. RESIDUOS MINEROS Y ABANDONO DE MINAS Y CANTERAS.

Info: FRASA Ingenieros Consultores, SL Luna 45 28120 Ciudad S. Domingo (Madrid) España.

Tlfno:+34916221078

Fax : +34916221983

E-Mail: frasaing@mx4.redestb.es

14-18 Septiembre

VII CONGRESO DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA DE LAS CIENCIAS Y DE LAS TÉCNICAS.

Info: Dr Jose Maria Fernandez y Dra Mari A. Lires.

Dpto. Química Analítica Fac. de Ciencias.

Lagoas-Marcosende s/n

Universidade de Vigo.36200 Vigo

Fax: 986812382

E-mail: Jmfdez@uvigo.es

21-25 Septiembre

I JORNADAS INTERNACIONALES SOBRE PALEONTOLOGÍA DE DINOSAURIOS Y SU ENTORNO.

Salas de los Infantes (Burgos, España)

Info.: Colectivo Arqueológico y

Paleontológico de Salas. Pza. de Jesús

Aparicio, 9.

09600 Salas de los Infantes (Burgos, España)

Tfnos.: 617.95.94.99 (C.S.A.)

947.38.00.21 (Ayuntamiento de Salas)

947.42.40.28 (AGALSA)

Fax: 947.38.01.70 (Ayuntamiento de Salas)

947.42.40.29 (AGALSA)

22-24 Septiembre

PATRIMONIO GEOLÓGICO Y DESARROLLO SOSTENIBLE. S.E.G.A.O.T.

Sonia

Info.: Secretaria C/ Ortega y Gasset, 45- 3ºD

28006 Madrid

2-6 Noviembre

X CONGRESO IBEROAMERICANO DEL ASFALTO.

Sevilla. España.

Info: Asociación Española de la Carretera.

Goya, 23 - 4º. 28001 Madrid.

Tel: 915 77 99 72

8 - 11 Noviembre

XIV CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO (CLACS-99)

Info: Dpto. de Ciencias Químicas,

Universidad de la Frontera. Avda. Fco.

Salazar 01145, Casilla 54-D

Temuco (Chile).

Tel.: 56-45-325432 / 325420 / 325433

Fax: 56-45-325440 / 325950

<http://www.ufro.cl/eventos/clacs99.html>

23-25 Noviembre

SIMPOSIO INTERNACIONAL PROGEO SOBRE CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO.

Madrid, España

Info: Secretaría Técnica del Simposio,

TILESA O.P.C.S.L. c/ Londres, 17 - 28028

Madrid

Tel.: 34.91.3612600

Fax: 34.91.3559208

E-mail: progeo@tilesa.es

<http://www.tilesa.es/progeo>

16-21 Enero

III INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOSCIENCE EDUCATION.

[http:// www.agso.gov.au/goescied/](http://www.agso.gov.au/goescied/)

9-11 Febrero

2º CONGRESO ANDALUZ DE CARRETERAS

Cádiz, España.

Info.: Asociación Española de la Carretera.

Goya, 23 - 4º. 28001 Madrid.

Tel: 915 77 99 72

16-20 Febrero

SMOPYC'2000

Info.: Feria de Zaragoza. Crta. Nacional II,

Km. 311. 50012 Zaragoza.

Tel.: 976 76 47 00

Fax: 976 33 06 49

7-12 Mayo

36th FORUM ON THE GEOLOGY OF INDUSTRIAL MINERALS

Bath (England)

Info: Prof. Colin Bristow, 46 Chatsworth Way,

Carlyon Bay, St Austell, Cornwall PL25 35N. UK

Fax: 01726 812252

E-mail: colin@bristowc.freeserve.co.uk.

10-13 Mayo

PIEDRA 2000

Info: PIEDRA - Feria de la Piedra Natural -

Parque Ferial Juan Carlos I - 28042 MADRID

- FAX: 34-917225788

E-mail: piedra@ifema.es - [ww.piedra.ifema.es](http://www.piedra.ifema.es)

16-21 Mayo

INTERMAT 2000

Paris (France)

Info: intermat-1, rue du Parc - F-92593

Lellavois-Perret Cedex - Francia

Tlf Comercial: + 33 (0) 149685248 Fax.: + 33

(0) 149685475

E-mail: intermat@intermat.fr.

Julio 2000

XXI CONGRESO INTERNACIONAL DE PROCESAMIENTO DE MINERALES

Info: XXI IMPC Organising Committee - c/o

dipartimento di Ingegneria Chimica, dei

Materiali, delle Materie prime e Metallurgia -

P.O. Box 5077 - 00153 Roma

Ostiense - Italia - Telf: +39 6 - 44585891

Fax: 445858591

11-14 Julio

1ª CONFERENCIA INTERNACIONAL DE LA GEOLOGÍA PROFESIONAL

Alicante (España)

Info: Apartado de Correos 99 E-03080-

Alicante. Tno.: 34965903793

E-mail: cong@ua.es // E-mail:

Manuel.Regueiro@itge.mma.es

11-15 Septiembre

XI SIMPOSIO SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA

Santander

Info.: Asociación Española para la Enseñanza

de las Ciencias de la Tierra (A.E.P.E.C.T).

Universidad de Cantabria.

Avda. de los Castros, s/n 39005 Santander

Tfno.: 942201512 ; e-mail:

seg2000@ccaix3.unican.es

9-12 Octubre

XVIII CONGRESO MUNDIAL DE MINERÍA. MINESPO INTERNACIONAL 2000

Info.: North American Mining Association.

Manufacturers and Services Division.

Tlfno.: +1202-4632607

Fax: 1202-4639799

Las Vegas (USA)

17-20 Octubre

XXXIX CONGRESO NACIONAL DE CERÁMICA Y VIDRIO

Jaca (Huesca)

Info: Instituto de Ciencia de Materiales de

Aragón CSIC. Universidad de Zaragoza.

Tfno: 976761000. (ext. 5127) ; Fax: 976761957

E-mail: Xerman@posta.unizar.es

20-23 Octubre

EXPO'99 - XXIII CONVENCION NACIONAL DE INGENIEROS DE MINAS, METALURGISTAS Y GEÓLOGOS DE MÉXICO

Acapulco (México)

Info: Asociación de Ingenieros de Minas,

Metalurgistas y Geólogos de México - Av. Del

Parque 54. Col. Nápoles, 03810 México

D.F.Tel. 91-5 5230782 - Fax: 91-5 5439005

<http://www.aimmgm.org.mx> E-mail: correo@

aimmgm.org.mx

28-30 Octubre

IV SESIÓN CIENTÍFICA. SIMPOSIO SOBRE PATRIMONIO GEOLÓGICO Y MINERO.

Sociedad Española para la Defensa del

Patrimonio Geológico y Minero.

Bélmex. Córdoba.

Inf: E.U.I.T. Minera.

Tfno: 9575800 Fax: 957580644

E-mail: um11osam@lucano.uco.es

LAS CATASTROFES GEOLOGICAS MATAN CADA AÑO A MAS DE 100.000 PERSONAS

Estos eventos naturales generan pérdidas de billones de pesetas a la economía mundial

Colabore en la prevención de estas tragedias, convirtiéndose en un ciudadano informado y reivindicando la realización de estudios geológicos solventes. Estas pérdidas pueden evitarse en un 90 % de los casos, sensibilizando a los poderes públicos para que pongan en práctica políticas adecuadas de desarrollo urbano y planificación de territorio que tengan en cuenta la prevención de los riesgos geológicos.

La **GUIA CIUDADANA DE LOS RIESGOS GEOLOGICOS**, editada en versión española por L. Suárez (RENFE) y M. Regueiro (UCM/ITGE) y publicada por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España (ICOG), con la colaboración de los mejores geólogos especialistas del país (J. L. Barrera, R. Capote, J. J. Durán, M. Ferrer, L. I. González de Vallejo, F. Quiralte y M. Hernández) y de los expertos del Consorcio de Compensación de Seguros, supone una valiosa adaptación a la situación de los riesgos geológicos en España del libro original *The Citizens' Guide to Geological Hazards* realizado por el Instituto Americano de Geólogos Profesionales (AIPG). Contiene más de 145 ilustraciones en color, amplias referencias bibliográficas de libros, artículos y vídeos, tablas de datos, índice y diversos apéndices informativos. Proporciona explicaciones concisas sobre los riesgos geológicos generados por asbestos, radón, minerales reactivos, terremotos, volcanes, deslizamientos, subsidencia, inundaciones y procesos costeros. También resume el papel que juegan los profesionales de la geología en el estudio y mitigación de estos riesgos y analiza el sistema español de cobertura de los riesgos catastróficos (212 páginas).

La guía incluye como complemento opcional un juego de diapositivas de 35 mm, con las imágenes del libro, para su empleo con fines educativos.

La **GUIA CIUDADANA DE LOS RIESGOS GEOLOGICOS** es una lectura imprescindible para todo el mundo. Este libro representará un antes y un después en su vida y en la de su comunidad. Está especialmente indicado para ayudar a:

Propietarios de viviendas
Arquitectos
Aseguradores y mediadores

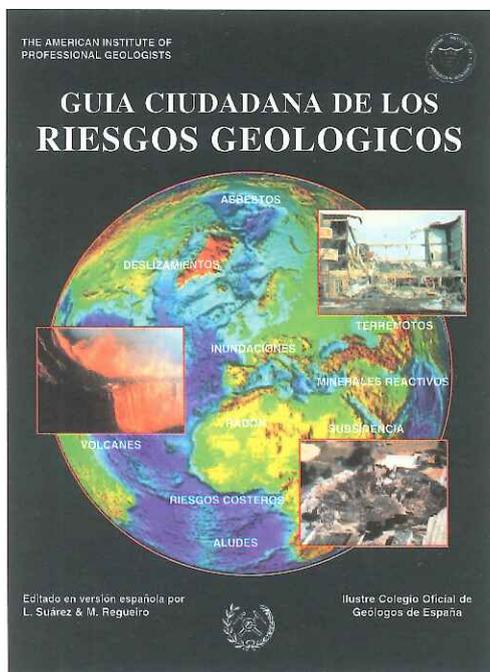
Legisladores
Urbanistas
Políticos

Ingenieros
Inmobiliarias
Bancos Hipotecarios

Abogados
Economistas
Geólogos

¡REACCIONE AHORA! No deje que usted o su comunidad se conviertan en una cifra más de una trágica estadística. Esté informado y exija a los poderes públicos que las decisiones que tomen, estén basadas en estudios geológicas profesionales.

¡LA VIDA Y LAS PROPIEDADES QUE PUEDE UD. SALVAR PODRIAN SER LAS SUYAS!



TARJETA DE PETICION

¡SÍ!

ruego me envíen ejemplares del libro, al precio de 3.495 ptas. No colegiados
+ 700 ptas. para gastos de envío 2.995 ptas. Colegiados

TOTAL

CIF o DNI:

NOMBRE:

EMPRESA:

CALLE:

POBLACION:

CP: TFNO.:

FECHA: Firma:

FORMAS DE PAGO

A nombre del Colegio Oficial de Geólogos de España

Adjunto cheque por ptas.

Transferencia Bancaria a la C/C n.º 0075/0075/77/0601372378 BANCO POPULAR

(Ag. 0075). Glorieta de Cuatro Caminos, n.º 4. 28003 MADRID. (Adjuntar fotocopia)

Se ruega remitan sus pedidos a: ICOG, Avda. Reina Victoria, n.º 8, 4.º B. 28003 MADRID

Teléfono: 91 553 24 03 - Fax: 91 533 03 43

El futuro es un reto.



Va a tener que dar la vuelta a su empresa.

Este chequeo le ayudará a conocer exactamente la situación de su empresa y tomar las medidas necesarias para garantizar su éxito, dándole, si es necesario, la vuelta a su empresa. Compruébelo usted mismo:

- | | SÍ | NO |
|---|--------------------------|--------------------------|
| * ¿Funcionan en red sus equipos informáticos? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿Tiene copia de seguridad de sus aplicaciones informáticas? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿Tiene correo electrónico? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿Está en Internet? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿Tiene página web? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿Utiliza comercio electrónico? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿Está preparada para el año 2000? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿Está adaptada al euro? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿Le recompran los equipos viejos? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿Le financian la compra de los equipos nuevos? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿Le garantizan su inversión? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| * ¿El software de su empresa es original? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Si alguna de las respuestas es no:



El Plan Urgente de Modernización para la Pyme le ofrece soluciones concretas, inmediatas y realizables para poner al día su empresa en tecnologías de la información y las comunicaciones, hacer mejor su trabajo, aumentar su productividad y ganar nuevos clientes.

Se lo solucionamos todo en:



Desde 15.000 Ptas.(*) al mes.

Llame al telf. **900 21 20 00** o conéctese a la página web: www.moderpyme.com para informarse del **Punto Pyme** más próximo a su empresa y solicite gratis la "Guía del Plan Urgente de Modernización para la Pyme".

* Utilizando HP Renting. Posibilidad de recompra y renovación. Configuraciones a partir de 1.000.000 Ptas. I.V.A. no incluido.

