

R I C O

IV'

Tierra y Tecnología

REVISTA DE ACTUALIDAD E INFORMACION GEOLOGICA

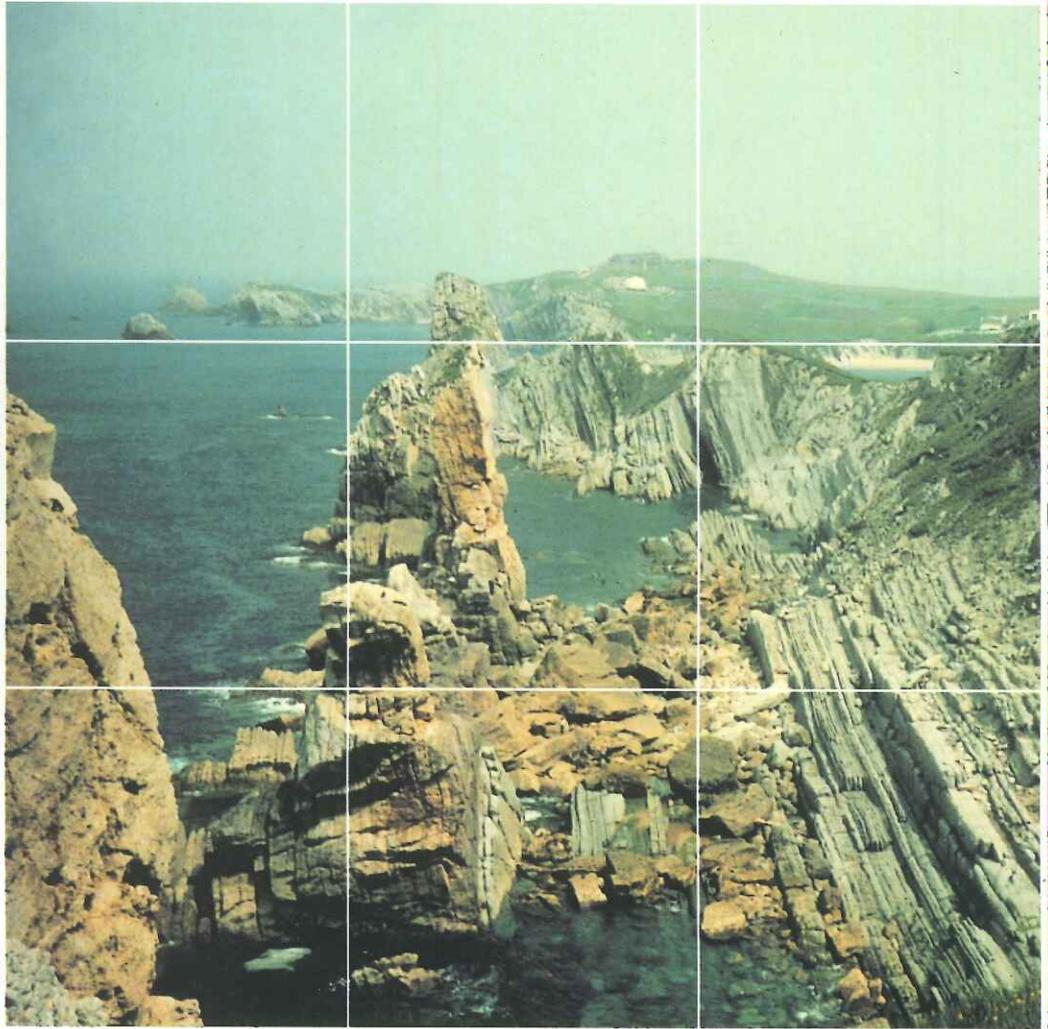
NUMERO 20

Entrevista:
José Trigueros Rodrigo

Actualidad y futuro de
los mapas **MAGMA**

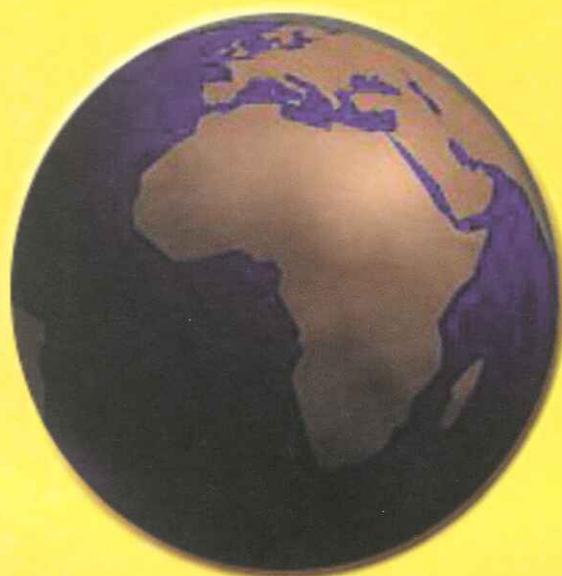
Estudios geológicos y
geotécnicos como base
para el tratamiento de
taludes

Apuntes históricos
sobre la minería y la
metalurgia antigua en
el sudeste peninsular



PRIMER SEMESTRE. 2009

<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

Publicidad

Luis Fueyo Casado

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 Quebrada Santander-Liencres (Cantabria) sobre plano geológico de la zona

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 / N° 20 - 1º semestre de 2000

Editorial	5
Entrevista	
Entrevista con D. José Trigueros Rodrigo. Ilmo. Director General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente <i>O. García-Hernán G.</i>	7
Medio ambiente	
La restauración ambiental del cargadero mineral de Valdelamusa (Huelva) <i>L. I. Ortega; I Cano</i>	13
Patrimonio geológico	
Ciclicidad sedimentaria en Orera (Zaragoza): un lugar geológico a proteger y preservar <i>J. P. Calvo; E. Sanz R.; H. Abdul Aziz</i>	17
Geología	
Actualidad y futuro de los mapas geológicos del ITGE <i>L. R. Rodríguez Fernández</i>	21
Ingeniería geológica	
Proyecto y obras de consolidación en los acantilados de Tacoronte <i>O. García-Hernán G.; A. Cocero</i>	33
Túneles de Miravete: geología y geotecnia <i>F. Fernández de la Ll.</i>	39
Estudios geológicos y geotécnicos como base para el tratamiento de taludes <i>M. Asensi G.-H.</i>	49
Historia de la minería	
Apuntes históricos sobre la minería y la metalurgia antigua del sureste peninsular. III <i>M. Rolandi Sánchez-Solís</i>	55
Geología y cine	
¡¡¡Terror en el afloramiento!!! o cómo el cine interpreta los peligrosos imprevistos <i>M. Martínez P.</i>	63
Necrológica	
El profesor José María Fúster Casas (1923-2000) <i>J. L. Barrera Morate</i>	71
Poesía	
Fuerzas de la naturaleza: Frágil mundo rígido. Línea de costa <i>A. García-Orea Alvarez</i>	75
Aniversarios	
Aniversarios de la XIV, XIX, XX promoción de Madrid	76

III CERTAMEN DE FOTOGRAFÍA GEOLÓGICA

Organizado por T & T

PATRIMONIO GEOLOÓGICO



Modalidades

1^{er} PREMIO: 100.000 Pts.
2^o PREMIO: 50.000 pts.
3^{er} PREMIO: 25.000 pts.

Cantidades aportadas por el ICOG que podrán ser incrementadas por el aporte de otros patrocinadores

En las secciones A y B los premios serán:

A	B
1 ^{er} PREMIO: 60.000 Pts	1 ^{er} PREMIO: 60.000 Pts
2 ^o PREMIO: 30.000 Pts	2 ^o PREMIO: 30.000 Pts
3 ^{er} PREMIO: 10.000 Pts	3 ^{er} PREMIO: 10.000 Pts

-Recursos energéticos
-Medio Ambiente
-Hidrogeología

-Geotecnia
-Riesgos geológicos
-Geología y sociedad

Con una selección de las mejores fotografías se pretende elaborar un calendario o agenda para el año 2001. Asimismo durante los meses siguientes al fallo del Jurado, se realizará una exposición de todas las fotografías presentadas.

BASES

1. Podrán participar en el presente Certamen, tanto aficionados como profesionales de la fotografía y de las Ciencias de la Tierra. Los premios se distribuyen en dos secciones con tres premios cada uno de ellos. Sección A: Exclusivamente podrán concurrir geólogos (ICOG) y Sección B: Abierta a fotógrafos aficionados o profesionales con vocación geológica.

2. El número de originales a presentar por participante se limita a tres que sean originales que no hayan sido presentados en otras ocasiones.

3. El formato de las obras será en papel (min. 20 x 24), en B/N o color. Todas las obras se enviarán montadas sobre cartulina rígida indicando al dorso el título, nombre del autor, lugar de realización y técnica empleada.

4. Las fotografías se enviarán en sobre cerrado a «T&T» a la siguiente dirección:

III Certamen Nacional de Fotografía Geológica «Emilio Elizaga»

Revista Tierra y Tecnología

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España

Avda. Reina Victoria, nº 8, 4º B

28003 Madrid

Incluyendo además los siguientes datos: Nombre, apellidos, D.N.I. dirección y teléfono

5. El plazo de presentación de originales comenzará desde la publicación de este anuncio hasta el día 31 de octubre de 2000.

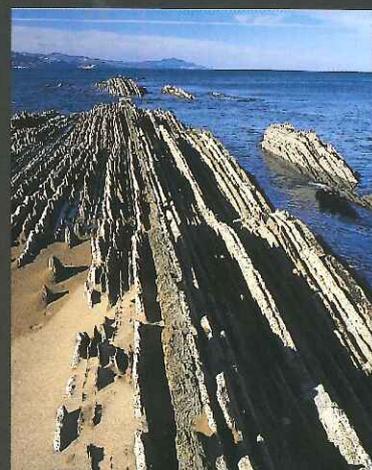
6. Las fotografías enviadas al Certamen permanecerán a disposición de «T&T» cediendo los autores todos los derechos de su publicación.

7. Las fotografías quedarán en propiedad de «T&T». Los autores de las fotografías ceden todos los derechos de reproducción y comercialización a «T&T».

8. El Jurado estará compuesto por personalidades de reconocido prestigio en el mundo de la fotografía y de las Ciencias de la Tierra.

9. El fallo del Jurado tendrá lugar en el mes de noviembre de 2000 comunicándose a los ganadores. Posteriormente se entregarán los premios y esta revista publicará el fallo.

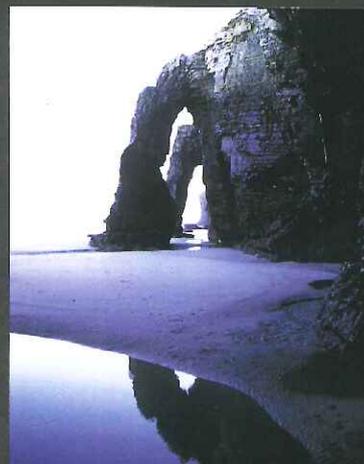
10. El fallo del Jurado será inapelable.



Primer Premio: «Itzurán». Autor: Javier Carballo



Segundo Premio: «Formaciones». Autor: Grupo Espeleología.



Tercer Premio: «As Catedrais». Autor: Fernando Fernández.

Las sociedades han evolucionado a base de ir cambiando sucesivamente. Los individuos que las compusieron lograron, en un proceso fluctuante, que el sentido general de ese proceso evolutivo cambiante, sea percibido por la mayoría de nosotros como positivo.

En la actualidad se producen, entre otros, dos procesos simultáneos:

– Por un lado, se puede tener la percepción de que los cambios son cada vez más rápidos y más alejados del control, aunque sea remoto, por parte de los individuos o colectividades.

– Por otro, está la incertidumbre de sí en un determinado tema o momento, los cambios se producen realmente, con independencia de nuestros criterios personales, en el sentido general del movimiento, que suponemos positivo, o estamos retrocediendo transitoriamente, y en este último caso que duración e intensidad tendrá la desviación.

En estos momentos tenemos la sensación de que se están produciendo cambios muy rápidos en la distribución de fuerzas geopolíticas, en los avances científicos y técnicos, en las economías y en las sociedades.

En nuestro entorno más cercano, tras las elecciones generales del pasado mes de marzo, hay un nuevo Gobierno de igual signo político, pero con nuevos ministros y por tanto con cambios que deberían afectarnos, aún no sabemos como. Concretándonos al entorno de la Geología, en el Colegio que agrupa a los geólogos (ICOG), tras las elecciones correspondientes se ha elegido a la mitad de los miembros de la Junta de Gobierno, produciéndose algunos cambios y ratificando a otros.

Entre los cambios que afectan al área de la Geología, se está en proceso avanzado de modificación de los Estatutos de los Geólogos, con nuevas competencias como profesionales de la geología y sus técnicas asociadas. Estas competencias del ICOG, de ámbito estatal, serán aplicables a todos los geólogos con independencia de la autonomía en la que desarrollan su actividad.

Próximamente, los geólogos que trabajan en la Comunidad Autónoma (Delegación) de Andalucía, por decisión propia y según la normativa vigente, crearán su propio Colegio de ámbito autonómico, al que más tarde pueden seguir otros colectivos. Esto obligará a crear un Consejo de Colegios en el que estarán el Colegio actual (residual) y los otros Colegios que vayan segregándose con ámbito autonómico, según las disposiciones de las Administraciones Públicas, adaptándose a la normativa específica de cada Comunidad Autónoma en la que se cree el nuevo Colegio de Geólogos.

En la Comunidad Autónoma Valenciana, concretamente en Alicante, se celebra en el mes de julio el V Congreso Geológico de España y la I Congreso Internacional de la Geología Profesional, con la participación de destacados profesionales del sector, a nivel nacional e internacional.

Estos congresos, simposium o reuniones suelen ser de gran utilidad para conocerse mutuamente los profesiona-

les y saber las líneas de actuación de las Administraciones, Universidades y Empresas, así como para intercambiar conocimientos científicos y técnicos entre los profesionales de la geología en las distintas áreas de conocimiento. Se tratarán entre otros, y con ejemplos prácticos, temas como el de los Servicios Geológicos Nacionales, la Aldea Global en relación con los Geólogos profesionales, la ética en el ejercicio profesional de la geología, la ingeniería geológica en las Obras Públicas, la Gestión de los Recursos Geológicos, la enseñanza de la geología, el Patrimonio Geológico, la Geología en el Medio Ambiente y la Ordenación del Territorio, el Petróleo en el siglo XXI y la Mujer y sus problemas en el entorno de la Geología.

Algunos intercambios entre geólogos son más lúdicos, como los que, según nos comunican, están preparando los “jóvenes geólogos” procedentes de varias facultades que celebran sus 25 años de profesión en el 2000 y 2001.

Por otro lado, queremos resaltar que este número es el 20 de la Revista Tierra y Tecnología. En este conjunto de números editados han trabajado numerosos geólogos aportando su ilusión y tiempo para su realización, tanto en la organización, diseño y edición, como en la aportación de artículos. Queremos resaltar el esfuerzo realizado por los dos Directores anteriores de esta revista D. Manuel Rolandi Sánchez-Solís y D. Juan Jose Durán Balsero. En este número incluimos el índice de todos los artículos con sus autores –salvo algunos que no se han podido localizar– disponemos de la colección completa de la revista en los fondos editoriales de la misma. Esto posibilita el acceso a estos artículos, que están a disposición de los usuarios.

Los profesionales de la geología estamos consiguiendo mejoras como las que suponen entre otras las nuevas leyes de edificación (Ley 38/99 del 5 de noviembre). No obstante, debemos continuar “la lucha” por el reconocimiento profesional desde la revisión permanente de los planes de estudio en las facultades, la preparación postgrado y el trabajo continuo dentro de la profesión todo ello con el esfuerzo individual de cada geólogo.

Creemos que deben potenciarse las relaciones con otros Colegios de nuestro entorno para defensa de objetivos comunes.

Debemos esforzarnos en colaborar y atraer a compañeros que desarrollan su actividad en campos de la geología no considerados como usuales, por ejemplo los dedicados a la comercialización de elementos geológicos como minerales, incluidos cristales, y fósiles, siempre con criterios profesionales geológicos, en defensa del patrimonio y los puntos de interés geológico.

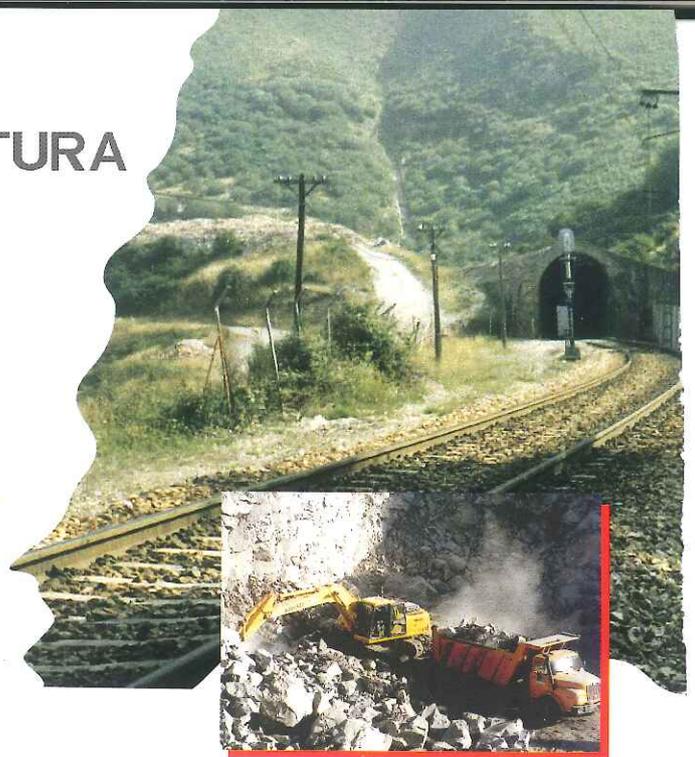
En los avances de nuestra profesión acordes con la sociedad actual puede enmarcarse la mesa de Mujeres en la Geología, que por primera vez va a figurar en un Congreso de Geología. En esta mesa se tratarán, entre otros, temas como la denuncia de situaciones de las mujeres geólogas en casos de discriminación y abusos en sus centros de trabajo.



MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA RENFE

Millones de metros cúbicos de balasto dan sujeción y proporcionan estabilidad a los 15.661 km. de vía de RENFE para que nuestros clientes obtengan las máximas prestaciones de seguridad y confort.

Geotecnia y tecnología se dan la mano para conseguir que la infraestructura ferroviaria evolucione y permita mayor velocidad, mayor frecuencia y mayor calidad en la gestión del tráfico de trenes, con las garantías de seguridad, fiabilidad y disponibilidad necesarias.



Control de calidad de balasto: SISTEMA P.I.T.

- ✓ Adaptación de la Norma Europea de Balasto en España
- ✓ Informes geotécnicos de canteras de balasto
- ✓ Estudios de riesgos geológicos de la infraestructura (E.R.G.I.S.)
- ✓ Sistema de Información Geográfica
- ✓ Normativa geotécnica para el ferrocarril
- ✓ Estudios geotécnicos para proyectos de mantenimiento
- ✓ I+D en geotecnia
- ✓ Formación en Ingeniería Geológica y control de calidad de balasto
- ✓ Edición de vídeos técnicos



Mantenemos Vías de Futuro

UN de Mantenimiento de Infraestructura.
Edificio 22. Estación de Madrid Chamartín. 28036 Madrid.

Teléfono: (+34) 91 300 68 49
<http://www.renfe.es>
e-mail: mtinfra@renfe.es

● seguridad ● calidad ● fiabilidad ● disponibilidad

Entrevista con D. José Trigueros Rodrigo Ilmo. Director General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente

Por Oswaldo García-Hernán G.
Director

Presentación*

D. José Trigueros, ocupó con anterioridad los siguientes puestos dentro del Ministerio de Medio Ambiente y del antecesor Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente:

Jefe del Área de Ingeniería Ambiental (CEDEX-MOPTMA).

S.G. Evaluación Impacto Ambiental (D.G. C.E.A-MMA).

S.G. de Recursos Minerales y Medio Ambiente (ITGE-MMA).

La entrevista se celebra en su despacho del Ministerio de Medio Ambiente en los siguientes y amistosos términos:

– **¿Cuáles son las competencias y estructura de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental?**

– La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental ejerce, en el ámbito de las competencias del Ministerio de Medio Ambiente, funciones de planificación, programación, propuesta y seguimiento de programas y proyectos de competencia estatal, inherentes a las propias competencias de la Dirección General.

* Esta entrevista se realizó a principios de Mayo del presente año. Días después y con la revista en fase avanzada de edición, D. José Trigueros Rodrigo fue nombrado Director General de Costas en el Ministerio de Medio Ambiente.



D. José Trigueros en su despacho oficial.

El diseño y ejecución de la política de calidad y evaluación ambiental, se efectúa la coordinación interadministrativa con las Comunidades Autónomas, la Unión Europea y otros organismos internacionales.

Se elaboran las propuestas de normativa básica e incorporación de la normativa comunitaria ambiental en el derecho español, en las materias competencia de la Dirección, y se efectúa el estudio y seguimiento de los proyectos de normas medioambientales en

elaboración en el marco de la Unión Europea. Se efectúa el seguimiento de los convenios internacionales relacionados con las materias competencia de la Dirección General.

Se efectúa asimismo el seguimiento y análisis de la normativa ambiental promulgada por las Comunidades Autónomas y Corporaciones Locales y se analizan los proyectos de las Administraciones a los que deben aplicarse los Fondos Comunitarios destinados al medio ambiente, colaborando con la



D. José Trigueros con el Director de la Revista.

coordinación y financiación con fondos comunitarios de programas ambientales.

Se elaboran los Planes Nacionales de Residuos, y de suelos contaminados, se recopila la información sobre la producción y gestión de residuos en general, fomentando los acuerdos sectoriales voluntarios, a través de las Comunidades Autónomas, elaborando convenios con otras administraciones, en materia de gestión de residuos e implantación de infraestructuras para su control y eliminación.

Se ejercen las competencias estatales en materia de traslados, exportaciones, importaciones y tránsito de los residuos.

Se colabora en la implantación de redes de vigilancia de la contaminación atmosférica y acústica, en cumplimiento de los compromisos de información nacional e internacional, incluidas las relaciones con la Agencia Europea de Medio Ambiente y otros centros temáticos, a nivel nacional e internacional.

En materia de impacto ambiental, se elevan a la Secretaría General de Medio Ambiente las propuestas de las declaraciones de impacto ambiental de competencia estatal.

Se desarrollan estudios para el mejor conocimiento de las tecnologías de los sectores industriales. Se fomenta y evalúa programas de I+D+I ambientales, en un marco de promoción de la colaboración entre la industria y centros investigadores. Se impulsa y desarrolla las ecoauditorías y el ecoetiquetado, así como se representa en estas materias en la Unión Europea.

Igualmente se participa en la gestión, en el ámbito estatal, en la programación industrial y tecnología ambiental, en el campo de la diversificación y el ahorro de la energía, y en la implantación de cartografía ambiental, entre otros.

– ¿Qué papel juega la Administración ambiental en el desarrollo del procedimiento de evaluación de impacto ambiental?

– Como he comentado en la enumeración de competencias de la Dirección General, nos corresponde elevar a la Secretaría General de Medio Ambiente la propuesta de las declaraciones de impacto ambiental de competencia estatal.

Es conocido que, en razón de la normativa de impacto ambiental vigente, determinados proyectos deben ser autorizados o aprobados por la Administración, que se pronuncia, a través de las Declaraciones de Impacto Ambiental, en cuanto a la viabilidad ambiental de las actividades proyectadas y, en caso afirmativo, condiciones que deben establecerse en orden a la adecuada protección del medio ambiente y un desarrollo sostenible duradero, en un marco ambiental europeo de prevención, evitando desde el principio la creación de contaminación o daños.

El espíritu de trabajo inherente pretende que quede garantizado, lo mejor posible, el funcionamiento y las características del entorno natural, tras la puesta en marcha de la actuación objeto de estudio, y preservar la salud y el bienestar del hombre, si se llevase a la práctica tal actividad, desde su planeamiento, hasta su abandono.

En el ordenamiento jurídico español, la autorización final de un proyecto se concede por el órgano con competencia sustantiva, mientras que la evaluación ha de ser realizada por el órgano de la Administración que ejerce la competencia ambiental.

El modelo para la Declaración de Impacto Ambiental es específico, pero no independiente del procedimiento sustantivo principal en que se inserta. La iniciación de la evaluación ambiental depende de la incoación del procedimiento sustantivo. Su desarrollo es paralelo a la de éste, y su resolución debe incorporarse a la resolución del procedimiento principal. El procedimiento administrativo de evaluación de impacto ambiental vigente se encuentra recogido en el Reglamento aprobado por el Real Decreto 1131/1988 de 30 de septiembre, para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, anteriormente citado.

– De indudable actualidad son las cuestiones ambientales inherentes a los proyectos de alta velocidad Madrid-Noroeste. ¿Cuál es la posición del órgano ambiental estatal, en este asunto?

– De conocimiento público, en razón de la publicidad que el procedimiento de evaluación de impacto ambiental establece, son los proyectos y alternativas de trazado de los tramos Madrid-Segovia y Segovia-Valladolid.

En el caso del tramo Segovia-Valladolid, tras las modificaciones al proyecto que el órgano promotor del mismo introdujo, el órgano ambiental ha trabajado intensamente en el procedimiento de evaluación ambiental, y se cuenta actualmente con un borrador casi ultimado, de propuesta de declaración de impacto ambiental, que se elevará en breve a la Secretaría General de Medio Ambiente.

En el caso del tramo Madrid-Segovia, igualmente en procedimiento de evaluación de impacto ambiental, se están realizando actualmente avances para la presentación de la correspondiente propuesta de declaración de impacto.

– ¿Cuáles son los principales logros legislativos y de planificación en materia ambiental que se están llevando a cabo desde el Ministerio de Medio Ambiente?

– En lo que a competencias de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental se refiere, y, en par-

titular, en la política de residuos y suelos que se desarrolla en este Departamento, los avances legislativos y en planificación realizados han sido de gran relevancia.

Hace cuatro años, los retrasos en la transposición de las Directivas Europeas Marco de Residuos, Directiva de Envases y Residuos de Envases y Directiva de Incineración de Residuos Peligrosos eran importantes.

Se han elaborado y aprobado la Ley 11/97 de Envases y Residuos de Envases, y el Real Decreto que la desarrolla, que van más allá de lo exigido por la Directiva europea, al incluir el diseño y puesta en marcha de un sistema de información de datos de las CC.AA. para su remisión a la Unión Europea, que incluye la creación de un Grupo de Trabajo de análisis de la utilización del PVC, como ejemplo de adaptación a las exigencias técnicas y principios de gestión de residuos de la Unión Europea y la incorporación de la figura de los Planes Empresariales de Prevención, instrumento técnico-empresarial para la reducción y cuantificación de los residuos de envases generados que incorpora el elemento ambiental en los criterios de decisión empresarial.

En materia de Residuos Peligrosos, el Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, ha modificado el Real Decreto 833/1989, sobre residuos peligrosos, actualizando la Legislación sobre este tipo de residuos e incorporando varias Decisiones de la Unión Europea incorporando la lista de residuos peligrosos adoptada en la Unión Europea por medio de la Decisión 94/904/CE.

El Real Decreto 1217/1997, ha modificado el Real Decreto 1088/1992 sobre incineración de residuos peligrosos, dada la especial sensibilidad de la opinión pública española respecto a las emisiones de dioxinas y furanos por las incineradoras de residuos. Resulta de interés destacar que España ha sido uno de los primeros países europeos en regular estos contaminantes en las incineradoras de residuos urbanos.

La Ley 10/98 de Residuos, con la que se avanza en importantes anacronismos y vacíos jurídicos de la anterior normativa española, al incluir, por primera vez en España, la regulación de los suelos contaminados, los residuos mineros, y los principios que inspiran la Directiva sobre Prevención y Control Integrados de la Contaminación.



Planta incineradora de residuos sólidos urbanos.

De obligada referencia es, asimismo, el Real Decreto 1378/1999, sobre Policloruros bifenilos y Policloruros terfenilos, que va más allá de la Directiva Europea en el ámbito de su aplicación.

Entiendo que es un punto a destacar, la publicación, desde 1996, de las órdenes de subvención de aceites industriales usados, adelantándonos en objetivos de la Directiva marco europea de residuos. Se han instrumentado diferentes Planes y Programas, por entender el Departamento que la potenciación de la planificación es el pilar básico de una Estrategia Ambiental de Residuos, sin la que no se puede progresar en el "uso racional de recursos" inherente al desarrollo sostenible.

Hemos elaborado varios borradores sobre residuos determinados.

Me gustaría destacar los siguientes planes: El Plan Nacional de Residuos Voluminosos, El Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso, El Plan Nacional de Vehículos fuera de uso, el Plan Nacional de Residuos de Matadero, Decomisos, Subproductos cárnicos y Animales muertos, El Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición y El Plan Nacional de Lodos de Depuradora.

El esfuerzo de la puesta en marcha de todos estos instrumentos citados en un período de tiempo tan corto, ha sido, sin duda, muy importante.

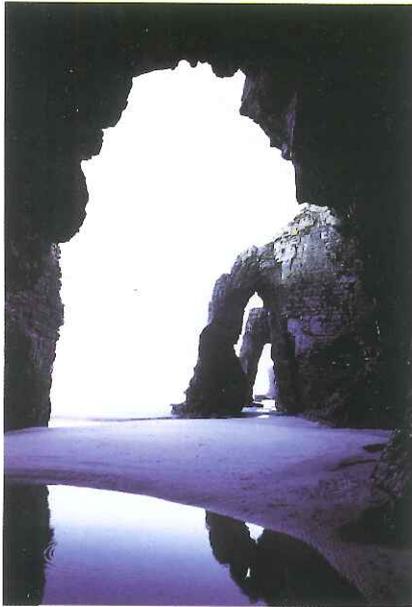
– La ciencia y el conocimiento geológicos son básicos en cualquier área de Ingeniería: Hoy no se comprende la planificación y la construcción de una infraestructura sin un sólido estudio geológico. En materia ambiental, y más concretamente en el ámbito de la Evaluación de Impacto Ambiental ¿Qué contribución cabe esperar de los geólogos, que pueda ser diferencial respecto de otros profesionales?

– El conocimiento del geólogo está directamente relacionado con la naturaleza; su comprensión de los procesos naturales es innata, tiene una mentalidad científica y técnica que le capacita para conocer el comportamiento previsible de lo que ha ocurrido, ocurre o puede ocurrir en la naturaleza.

El geólogo, acostumbrado a manejar factores y variables que escapan a la percepción desde escalas temporales convencionales o próximas a la humana, o que no son directamente observables, aporta una visión global y comprensiva muy interesante de un cúmulo de circunstancias que surgen del espacio territorial, de la "historia" y comportamiento de ese espacio. Su análisis tiene capacidad predictiva y por tanto muy valiosa a la hora de realizar evaluaciones de los efectos que se derivan de acciones externas sobre el medio ambiente. El grado de incertidumbre que se produce en un análisis sobre el comportamiento del medio frente a una agresión exterior puede ser muy alto y por ello el tipo de análisis que realiza el geólogo, no sólo en materia estrictamente geológica, es imprescindible.

– Las actuaciones del hombre en su desarrollo, destruyen parte de nuestro Patrimonio Geológico. ¿Qué puede hacerse para evitarlo?

– Las obras, en ocasiones nos dejan ver estructuras geológicas de gran interés, pero en otras ocasiones destruyen ejemplares interesantes desde el punto de vista estructural o sedimentario-estratigráfico e incluso yacimientos minerales o paleontológicos. Deben potenciarse los estudios geológicos previos sobre los Puntos de Interés Geológico concretos, en las zonas de actuación de forma que se proteja el Patrimonio Geológico como ya se procura con el Patrimonio Cultural (Monumentos), Arqueológico o Biológico. Creo que es necesario que se dé a conocer y defender nuestro Patrimonio



Ejemplo de Patrimonio Geológico en la costa. Las Catedrales (Lugo).

Geológico y Natural, posiblemente el más rico de Europa con el mismo entusiasmo que se defienden nuestros monumentos antrópicos.

– Imagino que uno de los problemas de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, será el de sufrir presiones de distinto signo tanto políticas como de grupos económicos. Comprendiendo lo delicado del tema, ¿qué puedes decirnos sobre esto?

– Es indudable que han de tomarse decisiones en temas ambientales y que éstas pueden ser polémicas. En muchas ocasiones, los puntos de vista técnicos (en todos sus ámbitos), de las Administraciones (Central, Autonómica o Municipal), de los distintos signos políticos, de grupos económicos y de diferentes sensibilidades ambientales no coinciden o son diametralmente opuestas.

Es indudable, que en el ámbito de la responsabilidad del puesto de Director General (como en otros) han de tomarse decisiones que difícilmente pueden contentar a todos los intereses. En estos casos las críticas son inevitables.

– Las costas constituyen una de las mayores fuentes de riqueza de nuestro país. De su preservación dependen las industrias turísticas que emplea a cientos de miles de ciudadanos españoles. ¿Cómo se defiende el medio natural evitando agresiones ambientales?

– El interés general tiene muchos puntos de defensa en la actual Ley de Costas (1988), pero los intereses privados de grupos económicos tratan en ocasiones de agredir el medio natural e incluso apropiarse de parte del dominio público. La legislación Medio Ambiental Estatal unida a las legislaciones Autonómicas e incluso, en ocasiones, Municipales, pueden crear un entramado legal en defensa del Medio Natural muy importante. Además los proyectos que más incidencia ambiental tiene sobre el medio costero deben ser sometidos al procedimiento reglado de Evaluación Ambiental y mediante las Declaraciones de Impacto Ambiental ser denegado o aceptado, estableciendo en este último caso las oportunas medidas correctoras que garanticen su viabilidad ambiental.

– En este sentido, ¿debería de profundizarse en la Evaluación de Impacto Ambiental con estudios geocartográficos, litológicos, estratigráficos, estructurales y sedimentológicos y otros según los casos, para saber realmente la influencia de estas obras en el Medio Natural?

– La construcción de presas y puentes o ampliación de los últimos, tienen una influencia muy importante en la dinámica costera, modificando los aportes detríticos, las zonas de erosión o sedimentación y por lo tanto, en la progresiva modificación o desaparición de algunas playas, esto plantea conflicto de intereses. Es positivo profundizar en los estudios geológicos de las Cuencas Hidrográficas, conocer con más detalle su composición litológica, estructural, sedimentaria, la dinámica del transporte fluvial de sedimentos, la influencia de las presas y sus embalses, las corrientes marinas y la dinámica litoral, en general, en la que la geología es muy importante.

– Actualmente muchos estudios sobre la biodiversidad no incluyen estudios realizados por profesionales de la geología. Para aumentar su eficacia, ¿no deberían incluirse estos estudios geológicos?

– Naturalmente, dado que la geología condiciona la calidad geoquímica de aguas y subsuelo, fundamental para la vida de animales y vegetales. La estructura y composición de las rocas es determinante para la vida o no de muchas especies. Hay geólogos que para cartografiar mapas geológicos utilizan como herramienta complementaria en zonas

cubiertas de vegetación, la distribución de distintas especies vegetales que sólo pueden vivir o desarrollarse adecuadamente sobre determinado tipo de rocas. La geología, condiciona a las especies vegetales, pero también a los animales asociados en ese hábitat y por lo tanto, al hombre.

– Sabemos que estás abierto a las distintas ramas del conocimiento científico. Concretamente en temas geológicos, te hemos visto participar como ponente o como asistente en mesas redondas, Geoforos, etc. Desde este punto de vista, ¿cómo aprecias la contribución de los geólogos y las empresas relacionadas con la geología en los diversos temas ambientales?

– Los geólogos, dentro o no de las empresas, tienen muchas tareas que realizar en Medio Ambiente. Hemos mencionado algunos campos de actuación, pero éstas y otras áreas están por desarrollar e incluso por iniciar su potenciación real. Una de esas áreas es la de los riesgos naturales, análisis de estudios de F.A., caracterización de zonas para situar vertederos o cartografía temática.

– Muchas gracias. No sé si quieres añadir algo más...

– Sí, me gustaría añadir que en el Ministerio de Medio Ambiente los geólogos aportan sus conocimientos con eficacia para dar cumplimiento a varias disposiciones como la Ley de Residuos, en la cual se contemplan los Planes Nacionales de Residuos Urbanos y de recuperación de suelos contaminados. En este contexto son muy importantes los estudios geotécnicos e hidrogeológicos para la localización de áreas de tratamiento y almacenamiento de residuos sólidos, urbanos, industriales o ganaderos.

En la delimitación geomorfológica del dominio público marítimo terrestre, según la actual Ley de Costas, la geología es fundamental.

Es indudable que las ciencias geológicas son muy importantes en el conocimiento hidrológico, especialmente hidrogeológico para el aprovechamiento y protección de acuíferos, los estudios de impacto ambiental, protección del medio y patrimonio natural y conservación de la naturaleza, en general.

Nuevamente te agradecemos tu colaboración. Sabes que nos tienes a tu disposición, para trabajar en el desarrollo Medioambiental y en la defensa del Medio Natural.

“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

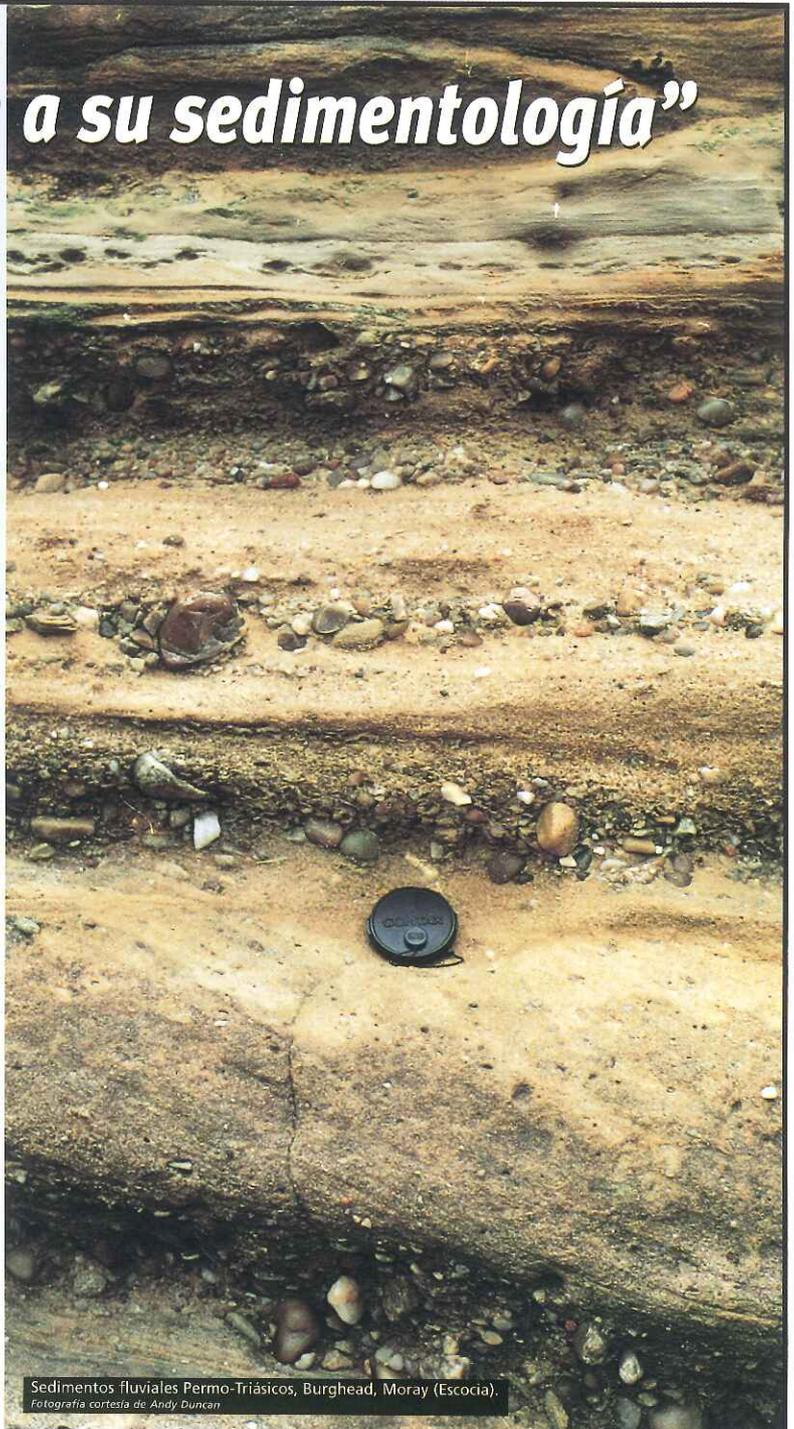
- Análisis petrográficos, diagénesis, investigación de la calidad del reservorio.
- Caracterización de la permeabilidad utilizando un permeámetro de sonda.

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

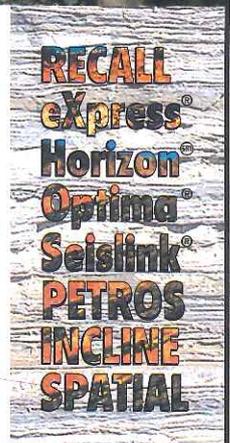
- Medio deposicional, reconstrucción del ambiente, predicción del paleoclima.
- Caracterización del reservorio incluyendo zonación según las facies y propiedades estratificadas del reservorio.
- Aplicación de los conceptos de secuencia estratigráfica para la identificación de unidades sedimentarias genéticas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



“Los especialistas en caracterización de reservorios”

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

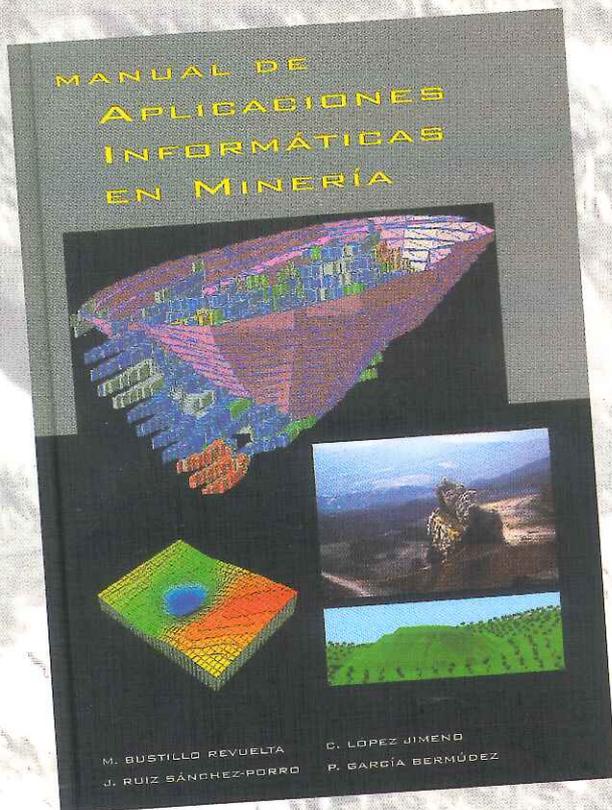
EUROPE, & AFRICA (44) 1224 822555
NORTH AMERICA & LATIN AMERICA: (1) 281 445 0767
MIDDLE EAST: (973) 212234
ASIA & PACIFIC: (61) 8 9322 4244

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

MANUAL DE APLICACIONES INFORMÁTICAS EN MINERÍA

De las diferentes revoluciones que ha sufrido la minería en el presente siglo, una de las más importantes y de mayor trascendencia ha sido, sin lugar a dudas, la transformación, a primeros de los años ochenta, llevada a cabo como consecuencia del desarrollo de los programas informáticos mineros con la llegada de los ordenadores personales. La posibilidad de incorporar todos los datos obtenidos en la exploración en bases de datos interactivos, el cálculo de las reservas del yacimiento cambiando cuantas variables se desee, el diseño de la explotación y su correspondiente visualización gráfica, la optimización económica de las explotaciones a cielo abierto basándose en parámetros económicos como el valor actual neto, etc., y todo ello con un pequeño ordenador en el despacho, son sólo algunos ejemplos de esta transformación que, además, va avanzando imparablemente día a día.

Por ello, éste es quizá el momento oportuno para revisar un texto en español que aglutine los últimos avances en el campo de las aplicaciones informáticas en minería (exploración, evaluación, diseño minero, etc.). La casi totalidad de los programas que se presentan en este libro han sido desarrollados en los últimos dos años, incluso algunos de ellos en los últimos meses, por lo que la labor de actualización, tan importante y necesaria en todos los temas relacionados con la informática, está plenamente conseguida.



Pedidos:
E.T.S.I.MINAS - U.D. Proyectos
Ríos Rosas, 21 - 28003 Madrid
Tel.: 91 336 70 06
Fax: 91 336 70 06
E-mail: proy@dermos.upm.es

Autor:
Varios
Formato:
17,5 x 24,5 cm

Precio:
5.000
ptas

EQUIPOS DE TRITURACIÓN, MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN. Tecnología, diseño y aplicación.

1- Trituración

- Machacadoras de mandíbulas
- Trituradores giratorios y de cono
- Molinos de cilindros
- Molinos de impactos

2- Molienda

- Molinos de bolas
- Molinos de barras
- Molinos autógenos, semiautógenos y de pebbles
- Molinos varios

3- Clasificación

- Cribas y mallas
- Clasificación por vía húmeda
- Clasificación neumática

4- Equipos Accesorios

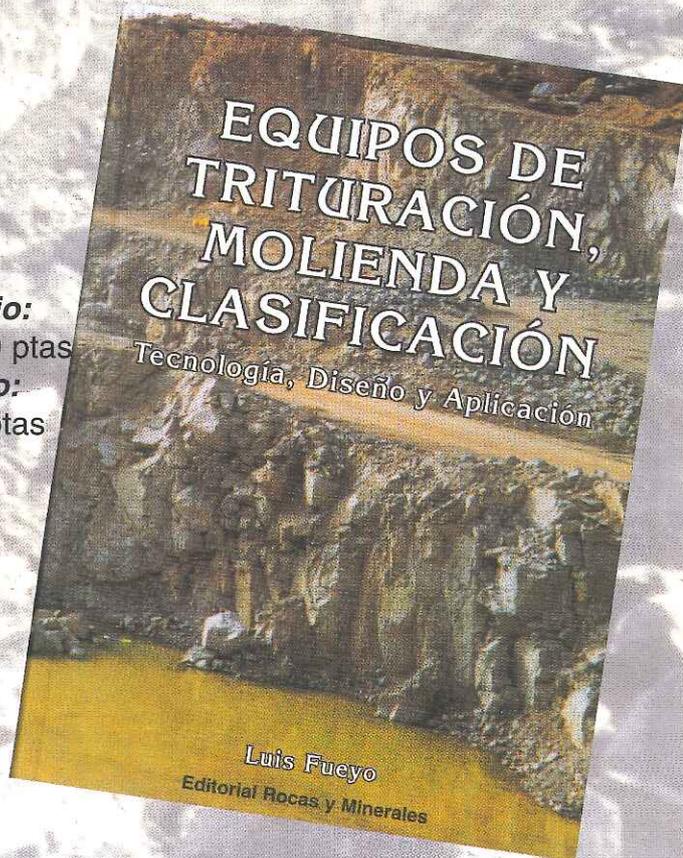
- Equipos accesorios

5- Equipos móviles

- Equipos móviles

Autor:
Luis Fueyo
Formato:
17,5 x 24,5 cm

Precio:
5.000 ptas
Envío:
750 ptas



Pedidos:

Arturo Baldasano 15, bajo - 28043 MADRID (España)
Telf.: 34 - 91 415 18 04 - Fax: 34 - 91 415 16 61
E-mail: rocas@tsai.es
Web: www.tsai.es/pymes/rocas



rocas editorial
y minerales

La restauración ambiental del cargadero mineral de Valdelamusa (Huelva)

L. Ismael Ortega

Geólogo. Especialista en geomorfología.

Iraida Cano

Artista. Participación en proyectos de restauración de espacios degradados.

En 1996 la Junta de Andalucía abordó un plan de regeneración ambiental en el área minera degradada del Cargadero de Valdelamusa (Huelva).

El punto de partida fue la identificación y análisis de los distintos elementos espaciales y formales del lugar, desde el punto de vista estético. El objetivo era optimizar la capacidad de integración del área degradada en su entorno a través de los nuevos elementos, dada la dificultad de revegetar a corto plazo.

La localidad de Valdelamusa (Huelva), está ubicada en la Franja Pirítica, un área de interés geológico con destacada relevancia en minería. El sustrato está configurado por materiales de origen volcánico con intercalaciones de series pizarrosas, estando el conjunto muy afectado por los procesos de alteración. Las características morfológicas definen un relieve ondulado. El paisaje, de campiña, destaca por las masas de pinares al norte y sur del núcleo urbano, que contrastan con un mosaico de cultivos, pastos, caseríos dispersos y algunas parcelas dedicadas a la repoblación forestal de eucaliptos.

Valdelamusa está conectada por ferrocarril, siendo durante más de cincuenta años un activo enclave de almacenamiento y transferencia de productos minerales derivados de la extracción de piritas. En la primera década del siglo se construyó el primer cargadero y treinta años más tarde se levantó un segundo cargadero que seguiría en funcionamiento hasta mediados de los años setenta. La actividad cesó paulatinamente y las instalaciones se desmantelaron, quedando un solar de 5,7 Ha. de planta rectangular, abierto al Este hacia la estación de ferrocarril, y con plataformas desniveladas de antiguas áreas de acopio y muelles de carga. El solar, situado entre dos barrios de la localidad de Valdelamusa se utiliza como área de tránsito. La po-

blación quedó afectada por el declinar de la actividad reduciéndose de 1.400 a 500 habitantes, establecidos en un entorno paisajístico algo caótico por la coexistencia de usos tradicionales (pastos, ganadería, forestal...) con los restos de la industria minera.

El solar de lo que fue el cargadero, está con las ruinas de estructuras de fábrica, torres de iluminación y viales del ferrocarril minero; y los restos abandonados de acopios de mineral, escombreras, hierros y un suelo degradado, fuertemente acidificado por un manto de piritas de 1 a 2 metros de espesor que llega hasta los 5 metros en algunos puntos.

Condicionantes del proyecto

En mayo de 1996 la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía sacó a concurso la redacción del proyecto de Regeneración Ambiental del cargadero de Valdelamusa (Huelva). Era objetivo prioritario abordar la descontaminación y limpieza, integrando el área degradada con su entorno ambiental, paisajístico y social. Los esquemas de actuación del proyecto incidían en la limpieza de escombreras, acopios residuales de mineral, y manto de piritas del suelo. Y consecuentemente en la corrección del suelo con lodos de de-



Figura 1. Vista parcial desde el sureste del complejo del cargadero de Valdelamusa: Solares, montones de mineral abandonado, muelles de carga, estructuras y pinar al fondo.

puradora y celulosas. Finalmente, se contemplaba la instalación de un sistema de riego y otras medidas complementarias para garantizar unas condiciones básicas que posibilitasen el desarrollo de vegetación a medio-largo plazo.

Los análisis químicos del suelo pusieron en evidencia la existencia de serias limitaciones en la capacidad de uso edáfico:

- a) elevadas concentraciones de Fe.
- b) valores de ph entre 3 y 4 por la acumulación de piritas.
- c) muy bajo contenido en materia orgánica.

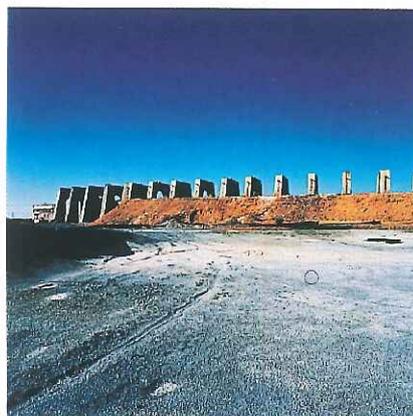
Estas limitaciones representan condiciones de toxicidad del suelo para el desarrollo vegetal, lo que dificultaba de modo severo la restauración vegetal a medio y corto plazo y a costes razonables, afectando al programa de medidas propuestas en el proyecto de regeneración ambiental.

Además de los condicionantes edáficos, en el estudio se advirtieron otros, no menos importantes, en la toma de decisiones:

- Infraestructuras residuales de gran presencia plástica.
- Proximidad del núcleo de población.
- Uso del área como zona de tránsito y paseo.

Una amplia recogida de información en campo, a través de numerosos croquis, y un reportaje fotográfico, sirvió para interpretar el lugar en claves de forma y color, proporcionando una lectura detallada de las posibilidades estéticas de las texturas, formas y colores de los materiales y otros elementos significativos del espacio, aspectos definitivos para articular el punto de vista paisajístico. Se constató que el tránsito y pa-

seo de personas era frecuente a través del complejo de estructuras residuales del cargadero. Se interpretó que las estructuras residuales eran parte notable de la historia socioeconómica de la localidad, lo que reforzó la propuesta de integración como testigos mudos de una actividad económica del pasado, encarnando *la memoria del lugar*. Ejercen un atractivo diferenciador del paisaje, contribuyendo a su diversidad.



RETIRADA DE CAPA DE MINERAL GRIS. Debido a su moderada-alta capacidad reactiva, la capa de mineral roído de color gris debe ser retirada. La mejora se completa con tratamiento del suelo, con correctores y su cobertura con gravas controlando su color.

Figura 2. Aspecto de las inmediaciones de las estructuras del cargadero.

Alternativas

Teniendo en cuenta las severas limitaciones impuestas por las características físico-químicas del suelo, y las particularidades que presentaba el conjunto de cara al esquema de soluciones previsto, Infraestructuras y Ecología S.A., que resultó adjudicataria de la redacción del proyecto, abordó la elaboración de medidas complementarias que tratasen de corregir la inercia impuesta por la restauración vegetal como solución generalizada. El estudio de alternativas fue encargado a los firmantes de este artículo que se integraron en el equipo de técnicos de la empresa.

Una vez resueltos los aspectos prioritarios de descontaminación y seguridad, se consideró que la adopción de medidas complementarias no sólo debía servir para cubrir el lento periodo de transición que pudiera imponer el desarrollo de la vegetación, por lo que se buscaron soluciones firmes. La singular presencia del conjunto de las ruinas del cargadero, cuyos restos de muros y rampas, túneles y vías de servicio, proporcionaron recursos inesperados.

Mediante el análisis del espacio, se consideraron las características formales y se identificaron como singulares algunos elementos (depósito de agua, rellanos, restos de muelles de carga, algún ejemplar aislado de vegetación, montones de mineral de color violáceo, etc.). Estos *elementos singulares* sirvieron como catálogo de recursos plásticos y referentes básicos en

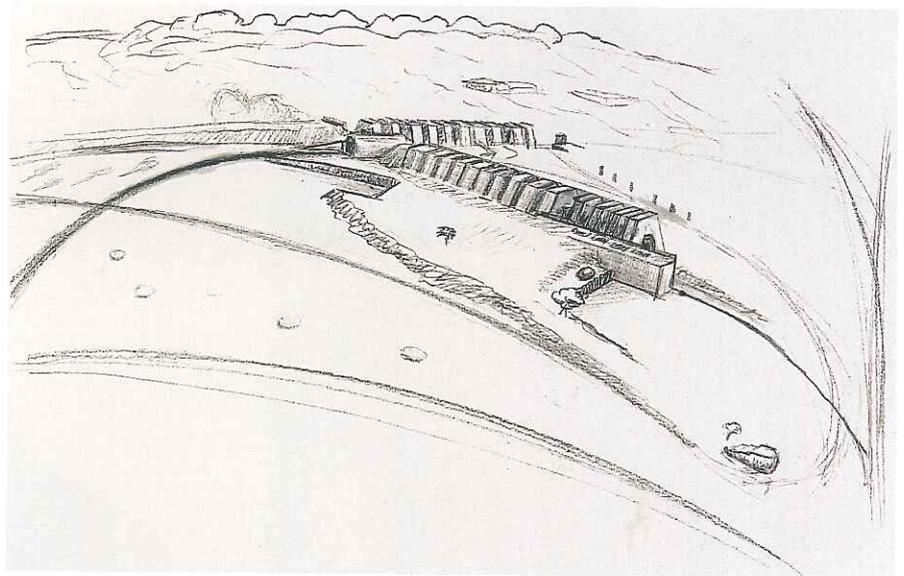


Figura 3. Croquis de vista general del cargadero de Valdelamusa con la propuesta de emplazamiento del cruce de caminos.

el diseño de propuestas de adecuación paisajística y estética. Mediante esta operación se identificaron *configuraciones escénicas* útiles, para potenciar las calidades visuales del sitio, y vincular de ese modo el *sitio* con el entorno. El criterio orientador consistió en proponer un mínimo de transformaciones para provocar un máximo de cambios en la percepción del espacio y que éstos fuesen significativos en orden a revisar la "mirada" a un sitio de sobra conocido. Las intervenciones se proyectaron como señuelos -iconos-guía- para sugerir otro modo de mirar a los

"nuevos paisajes", producto de las modificaciones de las actividades mineras. Esta operación busca el reconocimiento de panoramas inéditos donde sublimar determinados elementos subyacentes listos para ser identificados.

Las propuestas de carácter plástico poseen un significativo reclamo estético, sin perturbar el orden existente, e intentan aumentar la calidad paisajística interna. Son doce propuestas en total, que recogen un amplio abanico de materiales y ubicaciones. Se citan las diez principales:

1. Construcción de dos caminos cruzados con gravas violetas y esparcidos del mismo material en superficies marginales sobre un total de 950 m².

2. Colocación de 110 traviesas de madera de ferrocarril sobre pavimento de gravas violetas en la traza del ramal ferroviario antiguo del cargadero.

3. Muros de obra de fábrica en sillarejo de piedra roja.

4. Pintura del interior del techo del túnel en color azul.

5. Representación grabada de fragmentos de plantas y alzados de la estructura, obtenidos de los planos originales del cargadero, sobre seis planchas de acero AE-42N de 300 x 150 x 1 cm.

6. Inscripción grabada con coordenadas geográficas del lugar, sobre una plancha de acero AE 42-N de 300 x 200 x 1 cm.

7. Pintura mural sobre 134 m² en muros de rampa de acceso al cargadero

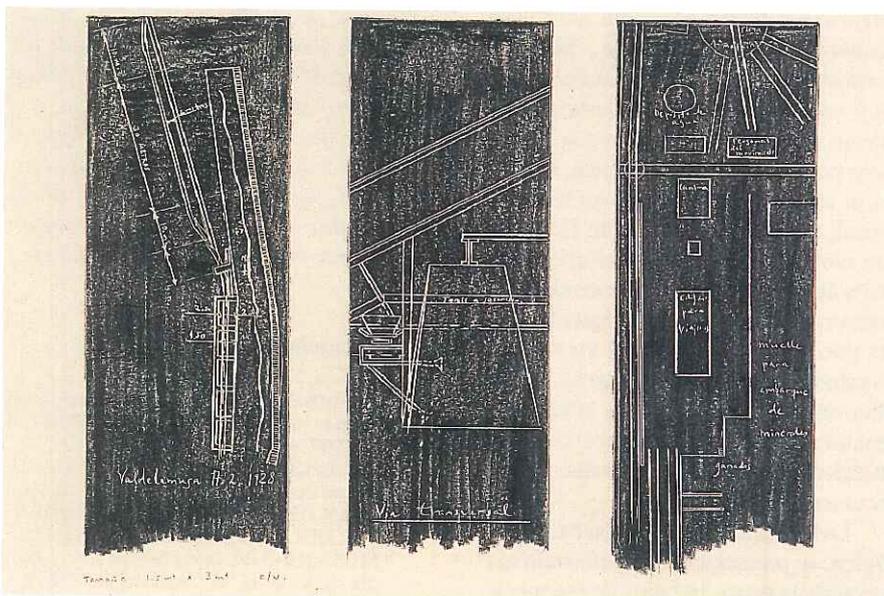


Figura 4. Representación grabada de fragmentos de plantas y alzados de la estructura, obtenidos de los planos originales del cargadero, sobre tres planchas de acero de 300 x 150 x 1 cm.

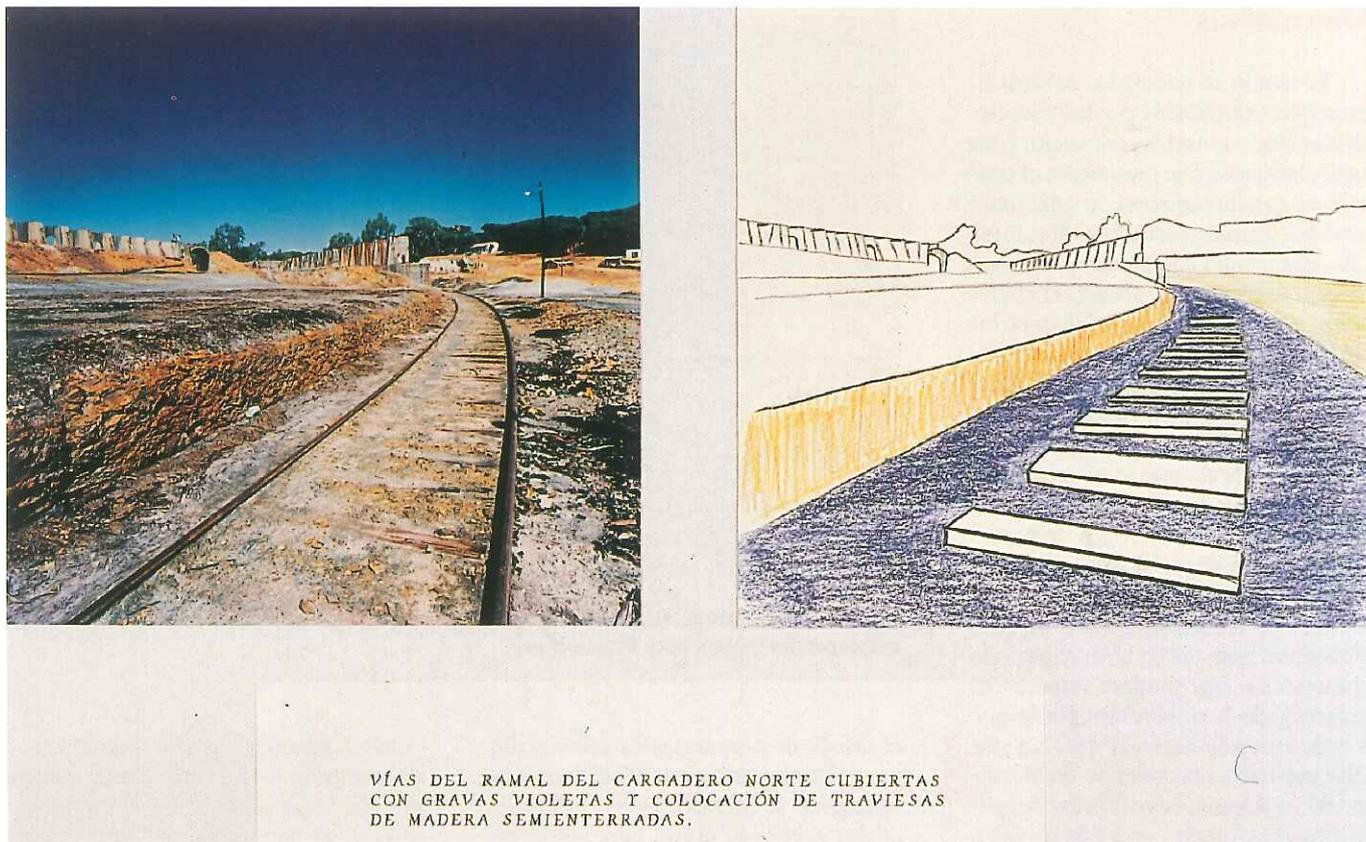


Figura 5. Los restos de infraestructuras viarias del cargadero se cubren con restos de mineral, colocando traviesas de madera semienterradas. El relleno de la zanja de vías sirve para nivelar y corregir los desniveles de muelles a ambos lados de las vías.

ro sur, con iconografía de caballos basada en las líneas y manchas de óxido del cargadero.

8. Barandilla en varilla de acero conformando la palabra «MIRADOR».

9. Ocho bancos circulares de piedra sillarejo roja de 120 cm de diámetro y 43 cm de altura.

10. Escultura geométrica de forma ovoidal de 210 cm de grosor y altura por 315 cm de longitud, labrada en granito Rosa Extremadura.

Conclusiones

Las actuaciones propuestas en el proyecto de regeneración del cargadero de Valdelamusa respondieron a la demanda que existe para rehabilitar áreas degradadas. En el caso de las actividades mineras es muy patente, que son áreas muy significadas por un uso que supone profundas modificaciones del territorio. El cese de una actividad tan representativa y singular como la minera sin alternativas posteriores, implica degradación y abandono. En términos generales las propuestas plásti-

cas tratan de *rescatar lo estéticamente aprovechable* para que sirva como vehículo integrador entre el pasado y el presente.

Una lectura detenida del paisaje cercano a Valdelamusa, permitió interpretar las estructuras residuales como *geoformas* que dotan de singularidad al territorio y testimonian un actividad probablemente irreplicable, la cual constituye parte de la cultura económica y social del lugar. Se evita que se borren aquellas formas y rasgos singulares poseyendo fuerza plástica, tengan valor como testimonio de su historia social, tecnológica y cultural. Del mismo modo y extendiendo el criterio a otros ámbitos sería bueno considerar el concurso de recursos geológicos (cortes geológicos de especial vistosidad en taludes) y P.I.G. desde luego, como alternativas estéticas en las labores de restauración y muy especialmente cuando pueden ser considerados como recursos geoculturales.

Los criterios plásticos con base geológica, se presentan como *alternativas razonables* en los trabajos de regeneración paisajística cuando se plantean las siguientes condiciones:

- En aquellos casos donde las condiciones del suelo sean desfavorables para un desarrollo mínimo de soporte vegetal o cuando las labores de revegetación no prosperan o sean de costoso y difícil mantenimiento.

- *Que debido a la antigüedad, estado de abandono, magnitud y complejidad de la transformación, hagan inviable técnica o económicamente los trabajos de regeneración al uso y en el momento actual.*

- *Cuando sea patente su potencialidad plástica: ya sea por la calidad estética del conjunto o por otros valores de similar importancia contenidos en afloramientos geológicos y el paisaje.*

Referencias bibliográficas

- Andrea Zerwas (1997). Neue Räume auf altem Grund. GARTEN+ LANDSCHAFT n° 10/1997, págs. 9-12
- Junta de Andalucía (1997). Recursos Plásticos y Propuestas de Adecuación Artística. Anexo. PLAN DE REGENERACIÓN AMBIENTAL DEL CARGADERO DE VALDELAMUSA (Huelva). Infraestructuras y Ecología S.A.-Junta de Andalucía. Informe Inédito.
- Tonia Raquejo (1998). LAND ART. Ed. Neura, 119 págs.

Ciclicidad sedimentaria en Orera (Zaragoza): un lugar geológico a proteger y preservar

J. P. Calvo Sorando

Dr. Geólogo. Departamento de Petrología y Geoquímica. Universidad Complutense.

E. Sanz Rubio

Dr. en C.C. Geológicas. Instituto de Astrobiología. INTA-CSIC.

H. Abdul Aziz

Licenciado en C.C. Geológicas. Institute of Earth Sciences. Utrecht University.

La ciclicidad en las sucesiones sedimentarias informa de las variaciones climáticas acaecidas en el pasado de la Tierra, interpretándose como controladas por fenómenos astronómicos de carácter periódico. Muchas secciones estratigráficas muestran una gran belleza, lo que las convierte en lugares geológicos que conviene proteger y preservar para su utilización, no sólo por profesionales de las Ciencias de la Tierra sino por todo amante de la Naturaleza.

La identificación del carácter cíclico de los fenómenos geológicos es siempre una tarea fascinante. El concepto de «ciclo» ha sido utilizado para describir rasgos o características que aparecen de forma repetitiva en los materiales rocosos, o bien para explicar procesos geológicos que se asumen como recurrentes en el tiempo. Un ejemplo de esto último es el ya clásico «ciclo de erosión o denudación», definido primeramente por Davis a finales del siglo XIX. Otro ejemplo de estos ciclos que podríamos denominar conceptuales es el de los ciclos eustáticos, es decir, los debidos a cambios periódicos en el nivel del mar, tal como propusieron, ahora ya hace casi 30 años, los miembros del denominado Grupo EXXON. En muchas otras disciplinas geológicas el concepto de ciclo es profusamente utilizado, sea para explicar cambios en la evolución de las paleocomunidades biológicas, en los procesos de cristalización magmática, en las tendencias geoquímicas y en otras muchas cuestiones. Por su parte, los procesos que tienen lugar en los diversos ambientes sedimentarios, tanto marinos como terrestres, pueden desarrollarse de forma un tanto aleatoria o bien siguiendo una pauta repetida en el mismo orden, a intervalos de tiempo que podemos calificar de regulares. Las causas de esta pauta repetitiva pueden relacionarse con fenómenos de carácter autocíclico,

esto es, debidos a la propia dinámica de la sedimentación, o bien de carácter alocíclico, cuando son las variaciones climáticas o en el régimen tectónico las que controlan la evolución cíclica del depósito (Vera Torres, 1994). El resultado es la presencia en las sucesiones sedimentarias de conjuntos de estratos que muestran una alternancia regular del tipo de litología, color, textura u otras propiedades de los sedimentos (Figura 1).

La Ciclostratigrafía constituye una moderna disciplina cuyo objetivo es el análisis de las sucesiones sedimentarias cíclicas y de las causas de esta ciclicidad (Schwarzacher, 1993). La base conceptual de esta disciplina es que los ciclos sedimentarios reflejan oscilaciones climáticas que tienen su razón última en los ciclos orbitales de la Tierra. La teoría de la periodicidad en las trayectorias orbitales de nuestro planeta con respecto al Sol y en la posición variable del eje de rotación de la Tierra fue magistralmente expuesta a principios de este siglo por el astrónomo yugoeslavo Milankovitch, quien distinguió entre «excentricidad» de la órbita de la Tierra con respecto al Sol (con periodos mayores de 100.000 y también de 400.000 años), «oblicuidad» (variación del ángulo del eje de rotación de la Tierra entre 22° y 25° con respecto al plano orbital, hecho que sucede con un periodo de unos 41.000 años) y «precesión» (movi-



Figura 1. Sucesión estratigráfica de Gibliscemi (Sicilia) en la que aparecen expuestos ciclos sedimentarios que abarcan el Tortonense superior-Messiniense.

miento circular lento del eje de la Tierra que se completa entre 19.000 y 23.000 años) (Figura 2). Esta periodicidad de los fenómenos astronómicos ha quedado sólidamente fijada en la literatura científica como «ciclos de Milankovitch» o, usando una terminología precisa, «ciclos de baja frecuencia de Milankovitch», quedando así distinguidos de otros fenómenos que se repiten con carácter más frecuente (por ejemplo, los relacionados con manchas solares, con el sistema Tierra-Luna, eventos de tipo El Niño, etc...). Obviamente, los cambios astronómicos descritos suponen modificaciones en la tasa de radiación solar sobre nuestro planeta, lo que da lugar a perturbaciones climáticas que afectan a los procesos que tienen lugar en su superficie y, en particular, al registro sedimentario a lo largo del tiempo.

Un paso lógico que se deriva de lo anteriormente comentado es el intentar

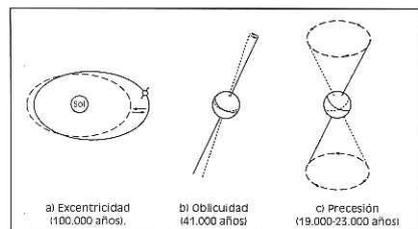


Figura 2. Esquema en el que se muestran las variaciones periódicas en la trayectoria orbital de nuestro planeta con respecto al Sol y en el eje de rotación de la Tierra.

adecuar los ciclos sedimentarios reconocibles en las sucesiones estratigráficas a la variabilidad climática inducida astronómicamente, y, de ahí, establecer una escala de tiempo con la mayor validez global posible. Ello ha llevado a la confección de la **Escala Temporal de Polaridad Astronómica (APTS)**, en la nomenclatura anglosajona, que en la actualidad aparece bastante bien prefijada para los últimos 15 millones de años (Hilgen et al., 1997).

La práctica totalidad de las sucesiones estratigráficas en que se han llevado a cabo estudios cicloestratigráficos dirigidos al establecimiento de la APTS corresponden a sucesiones depositadas en ambientes marinos. Es el caso de las secciones consideradas como claves para el estudio del registro Plio-Pleistoceno y del Mioceno superior, que proceden tanto de sondeos oceánicos como de afloramientos, estos últimos sobre todo en Sicilia (Figura 1). Son, por el contrario, poco frecuentes las secciones en que aparecen bien expuestos depósitos continentales de carácter cíclico. Aparte de algunos buenos ejemplos, actualmente en estudio, en el norte de Grecia (Cuenca de Ptolemais), la sucesión de depósitos lacustres aflorante en las inmediaciones de la localidad de Orera, a unos 12 km al este de Calatayud (provincia de Zaragoza), constituye uno de los puntos más sobresalientes en que puede encontrarse una sección de estas características en nuestro país.

La sucesión cíclica de Orera

Los afloramientos más espectaculares en los que se observa la superposición de ciclos sedimentarios se encuentran situados inmediatamente al este del pueblo de Orera, accediéndose a ellos a través de un camino que se toma antes de entrar en dicha localidad. En ese área (Valdelosterreros) se extiende un amplio anfiteatro donde las capas, todas ellas horizontales, pueden ser seguidas lateralmente durante unas centenas de metros (Figura 3). El espesor de sedimentos observable en este punto supera los 60 m, reconociéndose 31 ciclos superpuestos. Esta observación es parcial ya que la sucesión cíclica total, integrando los ciclos sedimentarios presentes en el anfiteatro con los de áreas adyacentes, alcanza una potencia de 160 m y un número de 91 ciclos (Abdul Aziz et al., 2000), tal como puede apreciarse en la columna compuesta por la correlación capa a capa obtenida a partir del estudio integrado de todo el área comprendida entre las localidades de Orera y Ruesca (Figura 4).

Los ciclos más netamente visibles están formados por dos términos básicos: arcillas en su parte inferior y carbonatos en la parte superior de cada ciclo. La definición en detalle de las características de los ciclos conlleva la realización de toma de datos por espectrometría de color sobre el terreno, así como determinaciones mineralógicas, petrográficas y geoquímicas en laboratorio de una densa red de muestras. El color de las arcillas es verde grisáceo en la mayor parte de los ciclos (Figura 5), aunque en algunos casos presenta tonos marrón rojizos; los carbonatos, que suelen dar los resaltes a lo largo de la sucesión, son típicamente blancos. Este tipo de ciclos son considerados ciclos de menor escala. Su espesor varía entre 1,30 y 2 m, siendo el espesor medio de 1,60 m. La composición de las arcillas es fundamentalmente esmectitas de carácter trioctaédrico (esmectitas magnesianas), con porcentaje menor de illita y algo de caolinita, salvo en las arcillas de tonos marrón rojizo, donde la presencia de estos últimos minerales de la arcilla es predominante. A su vez, las arcillas rojizas son masivas y contienen trazas dispersas de raíces fósiles, mientras que las arcillas verdes son en mu-

chos casos laminadas e intercalan niveles finos de carbonato con abundantes rizolitos. Los carbonatos que forman la parte superior de los ciclos son generalmente tabulares, con intercalaciones delgadas de arcillas verdes, y su composición es dolomítica, sin restos de fósiles pero con una presencia notable de rizolitos. Sedimentológicamente, las arcillas se interpretan como depósitos debidos a la entrada de terrígenos finos en una cuenca lacustre muy somera en periodos de abundancia de lluvias, posiblemente de carácter torrencial, mientras que los carbonatos se acumularon por precipitación a partir de aguas progresivamente concentradas en periodos de clima globalmente más seco.

Estos 91 ciclos de escala menor pueden a su vez integrarse en varios ciclos de mayor escala, dependiendo de la proporción relativa de arcilla-carbonato. De acuerdo con este criterio, se distinguen ciclos mayores con predominio de arcillas frente a carbonatos en los 7 u 8 ciclos menores incluidos en cada uno de ellos y ciclos con predominio de carbonatos frente a arcillas; en este último caso, los ciclos incluyen 12 ó 13 ciclos menores. De este modo se extraen al menos cinco grandes alternancias de ciclos con predominio de arcillas y ciclos con predominio de carbonatos, lo que, en términos de interpretación paleoclimática, suponen la evolución en intervalos dilatados de tiempo de condiciones más húmedas a condiciones relativamente más áridas, registradas en la sucesión de Orera por variaciones litológicas fácilmente reconocibles.

Cronología de la ciclicidad sedimentaria

La determinación del intervalo de tiempo abarcado por la sucesión de Orera se ha realizado mediante análisis magnetoestratigráfico, lo que permite obtener una representación bien definida de las alternancias de la polaridad del campo magnético terrestre a lo largo de la sección y su comparación con la **Escala Temporal de Polaridad Geomagnética (GPTS, en la nomenclatura anglosajona)** (Figura 4). Esta metodología de trabajo permite concluir que el depósito de la sucesión cíclica de Orera tuvo lugar entre 12,8 y



Figura 3. Vista general del área de Valdelosterreros.

10,7 millones de años, es decir, durante parte del Aragoniense superior y del Vallesiense inferior. Esta atribución cronológica aparece refrendada por la presencia de algunos yacimientos de vertebrados en la zona, los cuales contienen asociaciones de micromamíferos característicos de esa edad. A partir de estos datos y sobre la base del número de ciclos reconocidos, la estimación de la periodicidad media para los ciclos de menor escala es de aproximadamente 23.000 años, mientras que los ciclos de gran escala (alternancia de ciclos con predominio de arcillas y ciclos con predominio de carbonatos) indicarían una periodicidad de unos 400.000 años, valores ambos que coinciden básicamente con los de la periodicidad astronómica. En el primer caso son ciclos relacionados con la precesión (movimiento del eje de rotación de la Tierra) mientras que en el segundo es la excentricidad de la órbita de nuestro planeta con respecto al Sol el fenómeno astronómico involucrado.

La demostración del control astronómico de la ciclicidad sedimentaria presente en la sucesión de Orera lleva en último extremo a establecer una relación estrecha entre las variaciones climáticas y el tipo de ciclos observados. En ambientes de sedimentación lacustre, particularmente en cuencas hidrológicamente cerradas, como es el caso del área de Orera durante el Mioceno, las variaciones climáticas se tra-

ducen en oscilaciones (subida y bajada) en el nivel de agua del lago. De acuerdo con este criterio, los ciclos menores (arcilla-carbonato) corresponden a evoluciones periódicas desde condiciones de mayor a menor pluviosidad; una tendencia en el mismo sentido, aunque en intervalos temporales mucho más amplios, queda registrada en los ciclos de mayor escala.

La sucesión de Orera como un lugar geológico singular

Una primera indicación sobre la importancia como punto de interés geológico del área descrita ha sido expuesta en el III Simposio Internacional sobre Patrimonio Geológico (PROGEO) celebrado recientemente en Madrid (Calvo et al., 1999). La simple aproximación a las características paisajísticas de la zona donde se ubica la sucesión de Orera basta para apreciar su relevancia. Por una parte, resulta sobresaliente la morfología en anfiteatro del área de Valdelosterreros, lugar en el que la sucesión de sedimentos aflora en toda su amplitud tanto vertical como horizontalmente. Por otra parte, la alternancia cromática, netamente marcada por el contraste de tonos en cada ciclo y nítida, dada la ausencia casi total de vegetación, subraya la calidad estética del punto.

A estos valores paisajísticos se une de forma decisiva el interés estratigrá-

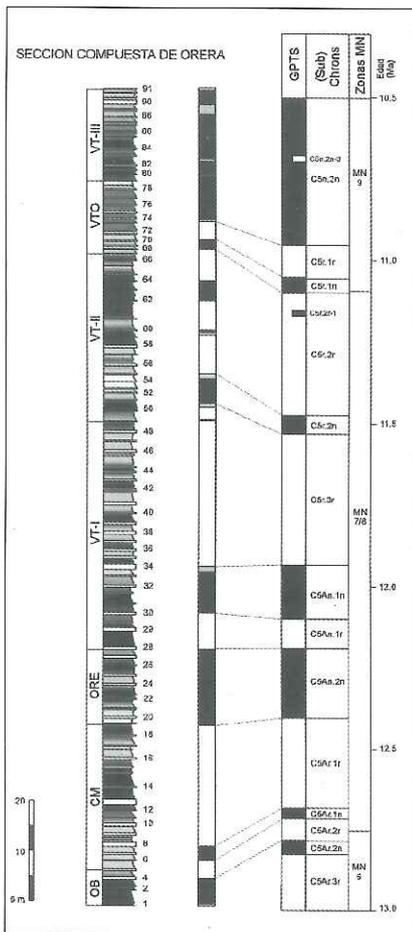


Figura 4. Columna compuesta de los ciclos sedimentarios reconocidos en el área de Orera.

fico de la sucesión, interés que descansa en dos aspectos esenciales: 1) son muy escasos, por no decir inexistentes, en la Península Ibérica los afloramientos de sedimentos continentales de edad Mioceno donde es reconocible un registro continuo de carácter cíclico y cronológicamente tan amplio (algo más de 2 millones de años) como el representado en la sección de Orera; 2) el intervalo de tiempo que abarca la sucesión permite extender la Escala Temporal de Polaridad Astronómica dentro del Mioceno medio, algo más allá de lo hasta ahora establecido (Hilgen et al., 1997), ampliando, por otra parte, las localidades geográficas (Mediterráneo central) donde este tipo de estudios, de proyección científica internacional, se han llevado a cabo.

Todos estos rasgos convierten la sucesión de Orera en un lugar geológico de notable singularidad. Se posibilita con él una mejora de los análisis cicloestratigráficos que, aún con muy escasa frecuencia, se realizan en nuestro país y se configura como un lugar

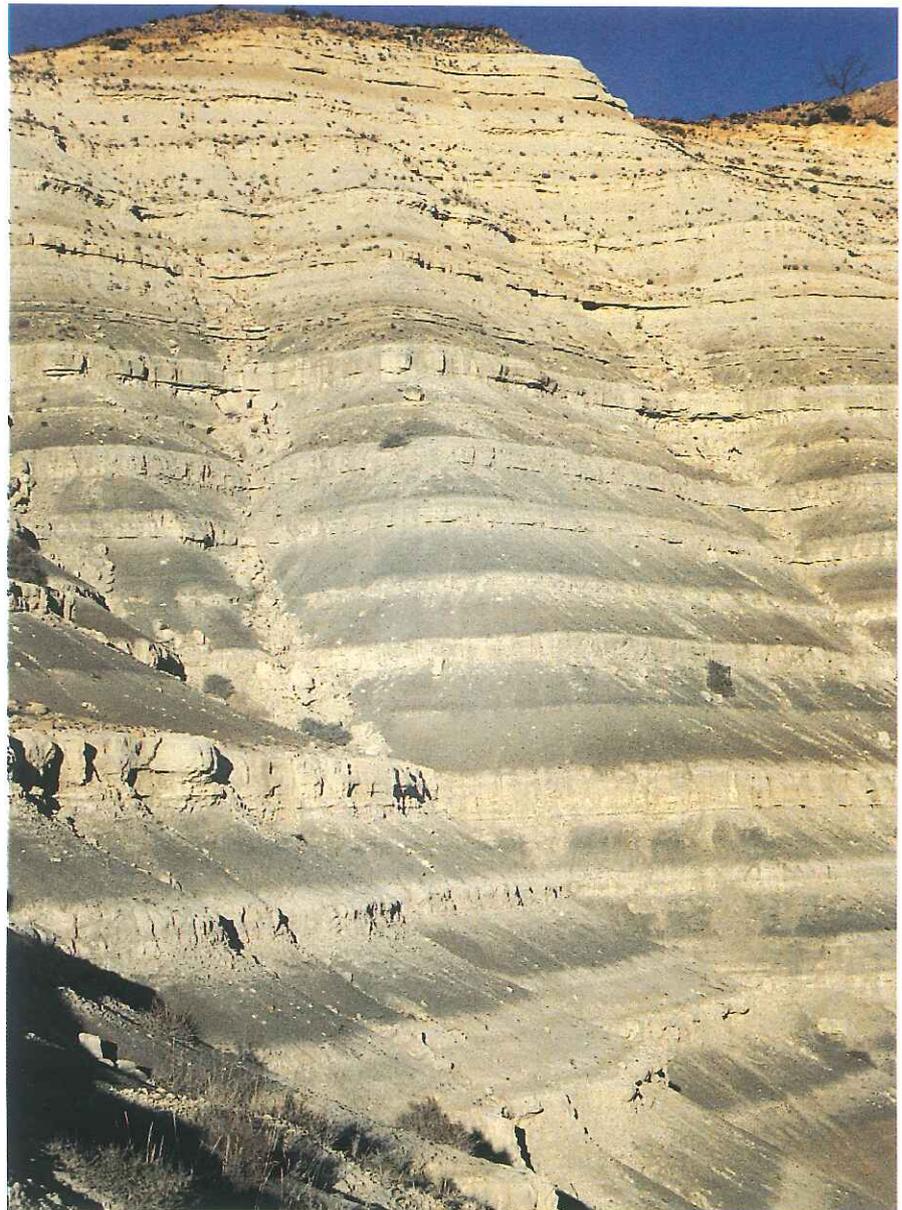


Figura 5. Vista parcial de la sección de Orera (anfiteatro de Valdelosterreros) en la que se observan los ciclos menores constituidos por arcillas verdes y carbonatos.

de referencia para la cronología del registro sedimentario mioceno de la Península. Tales rasgos no pueden pasar desapercibidos a los organismos, sean de carácter regional o estatal, que tienen responsabilidad sobre la conservación de nuestro Patrimonio Natural, y en especial de nuestro Patrimonio Geológico. Es en ese sentido recomendable y del todo pertinente adecuar medidas que aseguren su protección y preservación.

Referencias bibliográficas

Abdul Aziz, H., Hilgen, F.J., Krijgsman, W., Sanz-Rubio, E. y Calvo, J.P. (2000): Astronomical

forcing of sedimentary cycles in the Miocene continental Calatayud Basin (NE Spain). *Earth Planet. Sci. Letters*, 177, 9-22.

Calvo, J.P., Abdul Aziz, H., Hilgen, F., Sanz-Rubio, E. y Krijgsman, W. (1999): The Orera section (Calatayud Basin, NE Spain): a remarkable cyclically bedded lacustrine succession from the Spanish Miocene. En: *Towards the Balanced Management and Conservation of the Geological Heritage in the New Millennium* (D. Baretino, M. Vallejo y E. Gallego, Eds), Madrid, p. 186-192.

Hilgen, F.J., Krijgsman, W., Langereis, C.G. y Lourens, L.J. (1997): Breakthrough Made in Dating of the Geological Record. *Eos, Transactions, Amer. Geophys. Union*, 78, 285-289.

Schwarzacher, W. (1993): *Cyclostratigraphy and the Milankovitch Theory*. Developm. in Sedimentology 52, Elsevier, Amsterdam, 225 p.

Vera Torres, J.A. (1994): *Estratigrafía. Principios y Métodos*. Editorial Rueda, Madrid,

Actualidad y futuro de los mapas geológicos del ITGE

Luis Roberto Rodríguez Fernández

Dr. en Geología. Jefe del Área de Cartografía Geológica Instituto Tecnológico Geominero de España. Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid.

En este artículo se hace un breve análisis de los Mapas Geológicos producidos por el ITGE a diversas escalas, con especial énfasis en la serie cartográfica más emblemática de cuantas produce este organismo público: el Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, 2ª serie (MAGNA). Después de hacer una revisión crítica de los contenidos y formatos de las actuales series cartográficas, así como de la demanda social de las mismas, se dan a conocer las series cartográficas que el Área de Cartografía Geológica del ITGE propone para el futuro.

Los primeros mapas geológicos surgen en la segunda mitad del siglo XVIII, si bien su desarrollo no se generaliza hasta el segundo tercio del siglo XIX, época en la que empiezan a crearse los primeros institutos geológicos en Europa y Norte de América, entre ellos el español, creado en 1849, con la denominación de "Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino". El Mapa Geológico de España elaborado de forma sistemática, se comienza a abordar desde los primeros momentos de actividad del actualmnte denominado Instituto Tecnológico Geominero de España, no en vano esta institución fue creada con el fin de elaborar la cartografía geológica del país y ha sido ésta durante muchos años su principal actividad y su razón de existir.

La publicación en 1889 del primer conjunto mural del Mapa Geológico de la España peninsular a escala de 1:400.000 y los 7 tomos de la Explicación del Mapa Geológico de España en 1895, constituyen sin lugar a dudas el primer hito importante en la elaboración del Mapa Geológico de España de una forma sistemática.

A pesar de que ya en 1866 se había programado la realización de una serie de mapas geológicos a escala 1:50.000, con carácter sistemático, no es hasta el siglo XX cuando el ya denominado Instituto Geológico de España en 1910, e Instituto Geológico y

Minero de España a partir de 1927, se va a encargar de la elaboración de un plan sistemático de cartografía geológica: la 1ª Serie del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000.

En el año 1928 se publica la Hoja de Alcalá de Henares, que junto con otras cuatro más publicadas ese mismo año, constituyen las primeras hojas del nuevo Mapa Geológico de España a escala 1:50.000.

Esta serie pervivió a todos los avatares políticos de la primera mitad del siglo XX y a finales de la década de los 60 había llegado a elaborar un 40% de las 1.180 hojas posibles. En 1971, al imprimirse la última hoja de esta 1ª Serie, se habían publicado un total de 442 hojas. Esta labor se ve complementada con la publicación de varias ediciones del Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias a escala de 1:1.000.000 y Mapas Geológicos provinciales a varias escalas de prácticamente la mitad de provincias españolas y territorios de ultramar.

El Plan MAGNA

El Proyecto del Mapa Geológico de España a escala de 1:50.000, 2ª Serie, (MAGNA), constituye sin duda el Mapa Geológico más emblemático de cuantos produce actualmente el ITGE. Durante los años 1970 y 1971, se

elabora en el entonces Instituto Geológico y Minero de España un nuevo plan de cartografía geológica sistemática, cuyo objetivo era dotar al país de una infraestructura geológica de calidad homogénea, elaborada con las metodologías más actuales en cada momento y expresada en un formato y con unas normativas también homogéneas, estimándose un plazo de ejecución de 16 años para la totalidad de las hojas que cubren el territorio español. Este plan, denominado Plan MAGNA, se enmarca en el Programa Nacional de Investigación Minera (PNIM), definido en el II Plan de Desarrollo por ley de Febrero de 1969. El III Plan de Desarrollo (1972-1975) lo incluye en un plan de carácter más general: el Plan Nacional de la Minería.

En la evaluación y presupuestación del MAGNA se utilizaron criterios novedosos y homogéneos, teniendo en cuenta parámetros como la dificultad geológica, la accesibilidad, la climatología, etc. La programación se realizó de acuerdo con las prioridades de los sectores necesitados de esta moderna infraestructura geológica que, como se anticipaba en el Real Decreto de creación del Instituto, seguían siendo la minería, las obras públicas, la agricultura, la planificación económica y del territorio, etc... Para ello, en 1970, se realizó una encuesta en la que se consultaron 84 organismos e instituciones públicas y 45 empresas o entidades del sector privado. Esta encuesta se repitió nueve años después para la confirmación o en su caso modificación de la programación inicialmente efectuada.

En la redacción del proyecto del Plan MAGNA, se estudió a fondo la importancia que tenía para el país disponer de una buena cartografía geológica de base. Se vio con toda claridad que el conocimiento geológico de la nación era una infraestructura necesaria para el desarrollo de sus recursos naturales y la ordenación del territorio, y así, efectivamente, se estudiaron las repercusiones que este plan podía tener en la minería, la agricultura, las obras públicas, la planificación, y, en definitiva, para la economía en general.

El MAGNA constituye un documento básico a partir del cual se realizan los diferentes mapas temáticos. Este mapa geológico tiene dos objetivos básicos de uso por la sociedad: el primero, es el de aportar la infraestructura

ra necesaria para el desarrollo de sectores de una cierta incidencia en la vida económica del país; el segundo, de orden científico ya que su contenido ofrece a la comunidad científica el primer eslabón en lo que ha de ser el I+D en el sector de Ciencias de la Tierra.

El formato y normativa de los mapas de esta serie, están desarrollados en una serie de documentos normativos, editados con el título genérico "*Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, MAGNA*" que especifican el formato de hojas y memorias, la simbología a utilizar para cada tipo de contactos o de elementos estructurales, el modelo de columnas estratigráficas, de fichas de muestras, etc., en definitiva un completo procedimiento de normas del plan.

Cada hoja del Mapa Geológico de España, 2ª Serie (MAGNA), consta de tres documentos diferenciados: el *Mapa Geológico*, el *Mapa Geomorfológico* y la *Memoria* explicativa, editados conjuntamente con una tirada de 500 a 1.000 ejemplares, así como una *Documentación Complementaria* archivada en el Centro de Documentación del ITGE que consta de un mapa de muestras, columnas estratigráficas de detalle, láminas delgadas, muestras de mano y de fósiles, fichas de todos los estudios, álbum fotográfico con fotos panorámicas y microfotografías, informes complementarios, análisis químicos...

Toda esta información constituye un auténtico Banco de Datos Geológicos, susceptibles de ser utilizados por la comunidad científica, administraciones públicas, profesionales del sector y público en general.

Desarrollo histórico del Plan MAGNA

El Plan MAGNA se inició, con la realización de una *síntesis de la cartografía geológica* disponible a escala 1:200.000, que puso de manifiesto los déficits de cartografía geológica existentes y avaló aún más la necesidad de contar con una infraestructura geológica básica de calidad homogénea. Esta serie fue concebida como una serie de síntesis geológica de la información existente, sin mayores pretensiones que representar, en unos documentos homogéneos, los trabajos cartográficos realizados hasta la fecha por el propio Instituto y por las Universidades, Organismos Públicos de Investigación y

empresas mineras o petroleras. Por otro lado la serie serviría también para poner de manifiesto las lagunas y déficits de información, lo que contribuyó a mejorar la programación del Plan MAGNA a escala 1:50.000. Entre 1971 y 1972 se editaron todas las hojas a escala 1:200.000 que cubren el territorio nacional; un plazo de realización tan breve sólo se explica por la fuerte implicación de la universidad española en el proyecto junto con los equipos propios del Instituto.

Posteriormente, en 1971, se comenzó la realización de 5 Hojas «pilotó», cada una de ellas en una región geológica diferente, lo que permitió poner a punto una normativa y metodología de ejecución, diseñadas a tal fin, que contempla no sólo los contenidos científicos y los métodos técnicos para realización del Mapa Geológico, sino también los procedimientos de control de la calidad de estos mapas.

En 1980 se realiza una revisión de la normativa de ejecución, centrada en la actualización de las fichas de estudio de muestras e informes de laboratorios. También se modifica y amplía toda la simbología de carácter estructural, así como el sistema de identificación de las unidades cartografiadas, que hasta entonces había consistido en una combinación alfanumérica de iniciales con índices, subíndices y superíndices, que tenían como objetivo conseguir una nomenclatura única para todo el territorio. La complicación que introducía en la lectura y referenciación de las unidades condujo a una simplificación radical de este aspecto, identificándose a partir de entonces las unidades en cada hoja, por un número creciente y correlativo desde las unidades más antiguas a las más modernas.

A partir de 1980, se inicia también una nueva serie a escala 1:200.000 (1:100.000 en Canarias, Menorca, Ibiza y Formentera), en aquellas áreas donde el Plan MAGNA se va finalizando. Este Mapa Geológico de España a escala de 1:200.000 consta de un *Mapa Geológico* y de una *Memoria explicativa*, con características metodológicas y formatos en todo similares a las del MAGNA a escala de 1:50.000, por lo que informalmente se le ha llegado a denominar MAGNA 1:200.000. Hasta la fecha se han editado 16 hojas a escala 1:200.000 y una a escala 1:100.000, estando finalizadas algunas más.

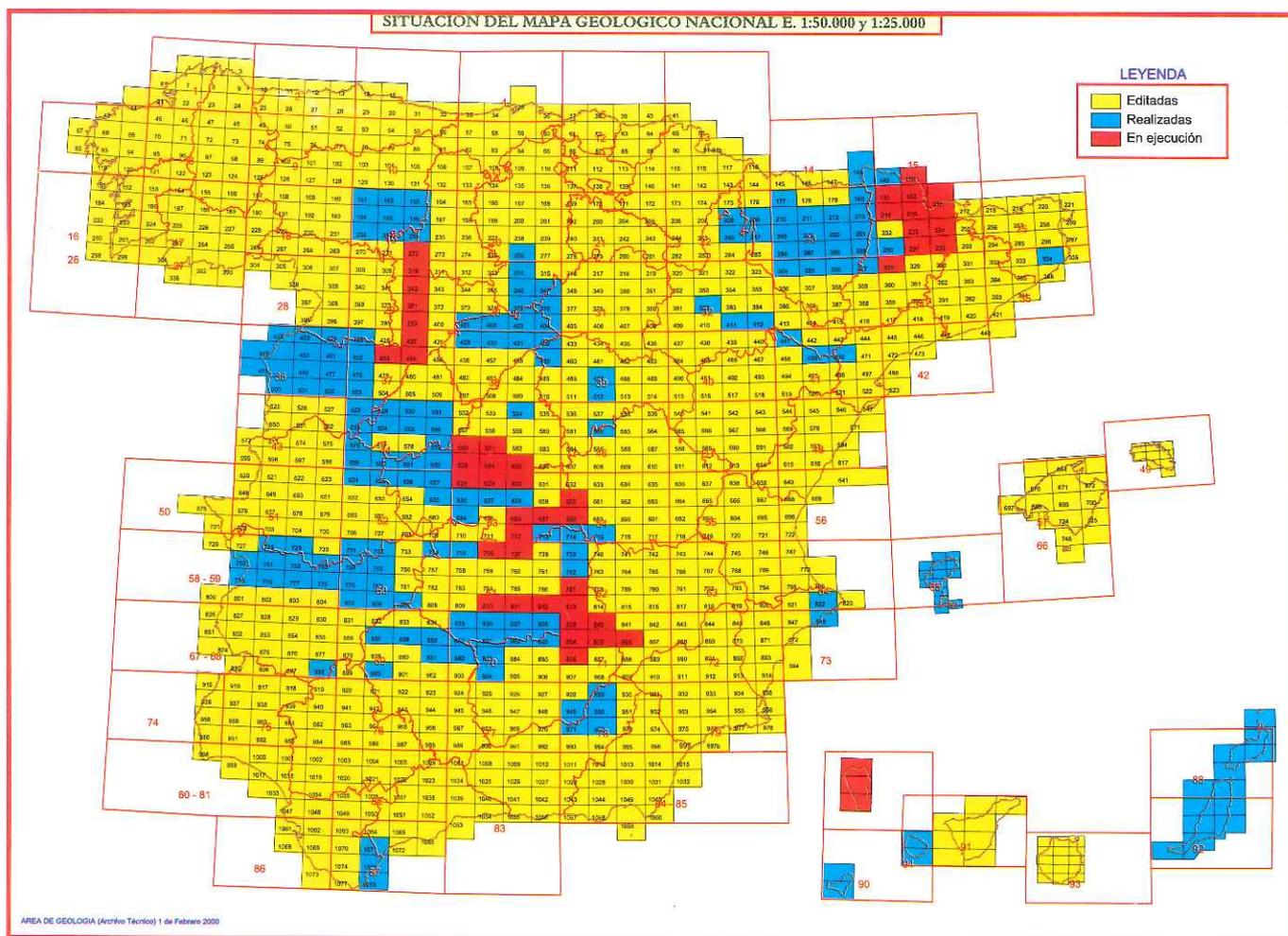


Fig. 1. Situación del Plan MAGNA.

En 1991 se produce la última modificación en la normativa del Plan MAGNA, en la que se introduce el Mapa Geomorfológico en color a escala 1:50.000 y se regula el tratamiento de los aspectos de Geología aplicada, tales como hidrogeología, recursos minerales, puntos de interés geológico y geotecnia. En el formato de la hoja se modificaron los esquemas tradicionales, introduciéndose la posibilidad de sustituir el esquema tectónico por uno morfoestructural, a escala 1:200.000, y se incluye el hidrogeológico a escala 1:200.000. A partir de este momento, en el Mapa Geológico quedan reflejados los puntos de agua (manantiales, pozos y sondeos) con su número de identificación de la base de datos de aguas subterráneas del ITGE, los indicios minerales, con indicación de la substancia, así como las estaciones meteorológicas y de aforo.

A fecha de enero de 2000, el Plan MAGNA se encuentra en una fase de

realización muy avanzada (fig. 1) con casi un 97% del territorio nacional cartografiado; en estos momentos se trabaja en la elaboración de 34 hojas a escala 1:50.000 y 8 hojas a escala 1:25.000 (isla de la Palma) y se han iniciado los trabajos en las 8 hojas de la cuenca del Duero que faltan para completar el plan.

Durante los años de ejecución del Plan MAGNA, han participado en su realización alrededor de 200 geólogos, pertenecientes a más de 20 empresas de ingeniería, 9 Facultades de Ciencias Geológicas, 2 Escuelas de Ingenieros de Minas, 2 servicios geológicos regionales, además del personal del propio Instituto.

El ritmo de ejecución de hojas no ha sido ni mucho menos constante a lo largo de los casi treinta años de vigencia del Plan MAGNA (fig. 2). Durante los primeros años el ritmo de ejecución de hojas fue extraordinariamente rápido, aunque con una tendencia decre-

ciente. Si se hubiese mantenido la producción anual alcanzada en el primer trienio (75 a 80 hojas/año) el MAGNA se hubiera completado en los 16 años previstos inicialmente. Este ritmo se redujo a partir de 1980, manteniéndose la producción hasta 1989 en unas 30 hojas anuales, con algunos altibajos. En 1990 y hasta 1992 vuelve a incrementarse el ritmo de producción cartográfica, en gran parte debido a los acuerdos de colaboración con ENRESA, que permitieron disponer de recursos adicionales para el MAGNA y generar del orden de 50 mapas al año.

Las restricciones presupuestarias que se producen a partir de 1992 hacen caer de nuevo la producción cartográfica durante los años 1993 al 1995 a los niveles más bajos del Plan, cuyo mínimo se alcanza en 1995 con tan sólo 7 hojas realizadas. A partir de 1996, a pesar de que la situación de restricciones presupuestarias del ITGE se mantienen, se consigue incrementar la

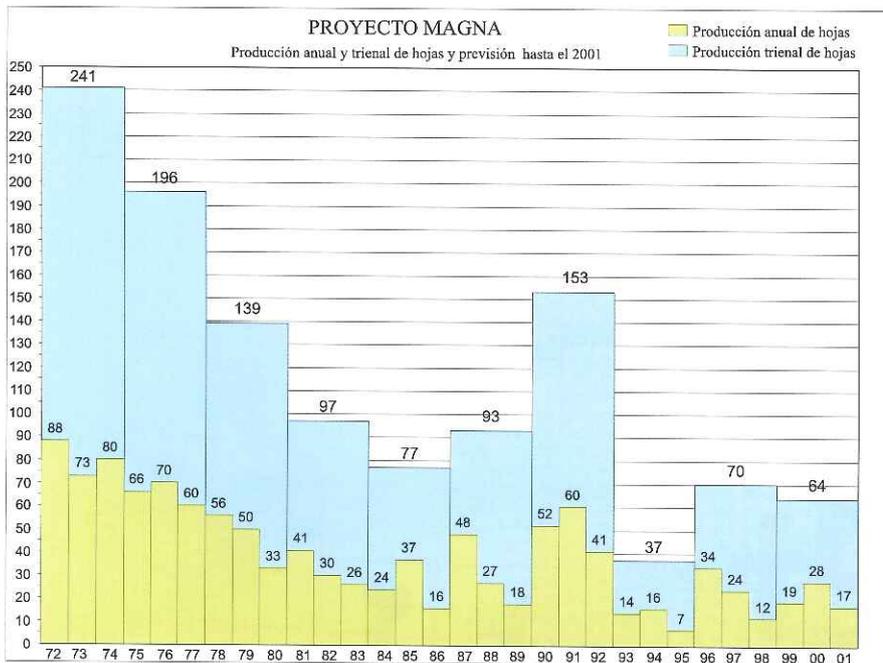


Fig. 2. Evolución de la producción MAGNA.

producción hasta una media anual de algo más de 20 hojas, al aumentar la parte que el Área de Cartografía del ITGE realiza con sus propios recursos humanos. Este ritmo de producción es el que se prevé mantener hasta la finalización del Plan.

El valor de la inversión total en pesetas constantes del año 1999 asciende a la cantidad de 20.000 mp, aproximadamente. Se pone de manifiesto con todos estos datos la envergadura del Proyecto MAGNA en sus contenidos, y el esfuerzo técnico y económico necesario para su realización.

El Mapa Geológico de la Plataforma Continental (FOMAR)

En la década de los setenta se realizan por el IGME los primeros estudios en la plataforma continental, enmarcados en el Proyecto “de investigación minera preliminar de los fondos marinos”. La realización de una cartografía geológica sistemática de la plataforma continental española a escala 1:200.000, no se plantea hasta la creación de la Sección de Geología Marina del IGME en Enero de 1982, a través del “Programa de actuación y valoración de la Cartografía Geológica

de la Plataforma Continental española”, más conocido como Programa FOMAR. Hasta la fecha los trabajos se han concentrado en la plataforma continental mediterránea y suratlántica, donde se han finalizado 18 hojas (fig. 3), lo que supone un 35 por ciento del total.

Las hojas del Mapa Geológico de la Plataforma Continental y áreas adyacentes están constituidas por dos mapas a escala 1:200.000. En el primero de ellos, denominado *Mapa Geológico del margen continental y zona terrestre*, se representan los diferentes materiales que afloran en el fondo marino y sus isopacas respectivas; la batimetría, que representa las formas del relieve submarino y las estructuras tectónicas observadas a partir de los registros geofísicos. En la zona emergida se representa una geología simplificada a escala 1:200.000. Este mapa posee una leyenda similar a la del MAGNA en la que se diferencian la zona marina y la zona terrestre.

El segundo de los mapas a escala 1:200.000 que se incluye en las hojas FOMAR es el denominado *Mapa Morfoestructural del margen continental y zona terrestre*. En él se representan las isopacas de las formaciones más recientes, las isobatas de la base de aquellas formaciones que se consideran relevantes para el análisis de la evolución de la cuenca y las estructu-

ras geológicas profundas, identificadas a partir del análisis de registros geofísicos y sondeos submarinos de los campos petrolíferos conocidos.

La información cartográfica que se aporta en cada hoja FOMAR se completa con un *mapa de relación textura-carbonato* a escala 1:400.000 en el que se diferencian una serie de unidades en relación con su contenido en arena+grava, limo+arcilla y carbonato, y un segundo mapa a la misma escala, denominado *mapa textural*, en el que se representan diferentes zonas según su contenido en arena+grava, limo y arcilla. Las leyendas de ambos mapas son simples diagramas triangulares con sectores del mismo color que las correspondientes unidades cartográficas representadas.

En las últimas hojas editadas se incluye un tercer *mapa de facies sedimentológicas* a escala 1:400.000, en el que los sedimentos se agrupan y cartografían en función del ambiente y subambiente deposicional al que pertenecen. Esta información se incluía en forma más esquemática en las memorias de las hojas más antiguas.

Análisis crítico de los mapas geológicos del ITGE

El Plan MAGNA ha supuesto un gran avance en el conocimiento de la geología de España y que, especialmente en sus primeros quince años de actividad, ha sido el principal programa movilizador de la investigación geológica en este país. No obstante los contenidos de muchas de las hojas presentan deficiencias científico-técnicas apreciables.

En la primera etapa del plan (1971-1979), el elevado ritmo de producción cartográfica, unido al insuficiente conocimiento geológico de amplias zonas, así como a la inexperiencia de algunos equipos de trabajo y a la falta un correcto control de calidad, determinó que, en muchos casos, los niveles de calidad sean insuficientes. A partir de 1980, van mejorando paulatinamente los niveles de calidad, no obstante, persisten algunas deficiencias estructurales, tales como la pobre expresión de la geología del subsuelo en los cortes geológicos o el insuficiente tratamiento del Cuaternario.

La escasa utilización que se ha hecho de la información de subsuelo,

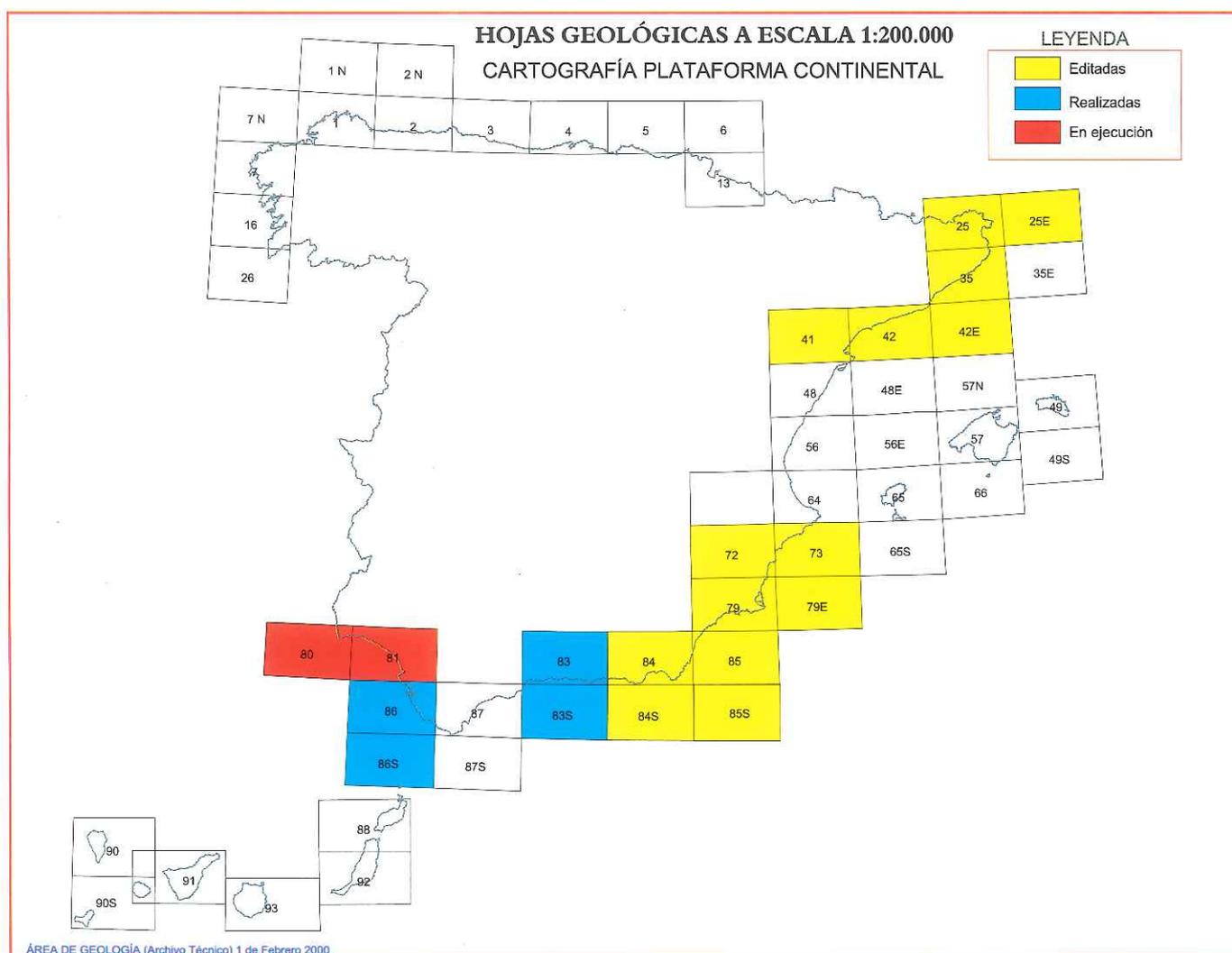


Fig. 3. Situación del Plan FOMAR.

unido a la escasez de conocimientos para la elaboración de cortes geológicos profundos con los datos superficiales, ha propiciado el que la mayor parte de los cortes geológicos sean excesivamente «epiteliales» y, en muchos casos, estén deficientemente construidos. Esto repercute directamente en una insuficiente información tridimensional de muchos mapas, en notable contraste con cartografías de otros países (Alemania, Francia, Gran Bretaña, Canadá y Noruega). Hay que tener en cuenta que un buen mapa geológico lo es cuando para su ejecución se han tomado un gran número de datos objetivos de observación y cuando estos datos se hilvanan en una teoría coherente (Santanach, 1995). Esta situación ha mejorado algo y a partir de 1989, van apareciendo hojas con cortes geológicos profundos, siendo pioneras en es-

te sentido hojas como Rioseco (54), Burón (80), Barrios de Luna (102), Riaño (105), Ledanca (487) o Cifuentes (512).

El otro aspecto deficitario es el generalmente insuficiente o simplista tratamiento del Cuaternario y de las formaciones superficiales. Este déficit se ha corregido sustancialmente con la realización, a partir de 1991, de los mapas geomorfológicos en color que acompañan a la hoja geológica y que inciden especialmente en estos aspectos.

Conviene llamar también la atención sobre algunas deficiencias formales en el proceso de edición de las hojas. Así, colores atribuidos a unidades cartográficas idénticas en hojas contiguas son, en muchas ocasiones diferentes, no son tampoco infrecuentes asignaciones de colores poco logradas, tales como colores intensos ocupando

amplias extensiones, abuso o uso inadecuado de las tramas, escaso contraste de color o tonalidad entre formaciones contiguas, etc.. La falta de uniformidad en los formatos de muchas memorias es también evidente: unas con índice, otras sin él; tipos de letra diferentes, márgenes distintos, etc. El tratamiento de los autores en el mapa y en la memoria está, demasiado frecuentemente, fuera de cualquier normativa bibliográfica y, a veces, hasta del sentido común, lo que dificulta la correcta cita bibliográfica de ambos documentos. Estos defectos formales evidencian un insuficiente control de calidad en la fase de edición y no hay que olvidar que el mapa geológico es un vector esencial en la transmisión del lenguaje geológico, tanto en su aspecto verbal (memoria) como gráfico (mapa, columnas, cortes, etc), tal como señalan Engelhardt y Zimmermann

(1988). No se trata pues de un simple problema estético sino de una deficiencia sustancial que incide directamente en la eficacia del mapa.

Las hojas a escala 1:200.000 que se han realizado hasta la fecha, presentan una gran irregularidad tanto en su nivel científico-técnico como en el cartográfico. En efecto, algunas de ellas apenas suponen algo más que una reducción a escala y síntesis correspondiente de las hojas MAGNA preexistentes. En cambio otras constituyen un notable avance en la correlación de unidades e interpretación de la evolución tectónica y sedimentaria de la región, desde una perspectiva más amplia que la de las hojas 1:50.000 correspondientes.

Para terminar no debe olvidarse otra insuficiencia en la que son partícipes tanto las cartografías geológicas de las zonas emergidas como las marinas. La falta de conexión existente entre ambas series cartográficas, ha traído consigo que en los mapas geológicos terrestres no se considere la geología del área marina cuando ésta forma parte de la cuadrícula y, recíprocamente, el área continental queda insuficientemente tratada en las cartografías marinas del Plan FOMAR. Se echa en falta una mayor coordinación para que en las zonas litorales se aborde conjuntamente la cartografía geológica de las cuadrículas afectadas, tal y como se hace en otros países como Francia, Portugal o el Reino Unido y salvando, lógicamente, las diferencias metodológicas del levantamiento cartográfico en mar y en tierra.

Demanda social de los mapas geológicos

La creación de la mayor parte de los institutos geológicos en el mundo se ha justificado históricamente por la necesidad de disponer de mapas geológicos del territorio de cada país, que permitieran conocer y valorar su potencial de recursos mineros y energéticos. La creación en la España del siglo XIX, de la Comisión de la Carta Geológica se justifica principalmente por las aplicaciones de la cartografía geológica en la prospección de los recursos minerales, si bien ya se considera su utilidad en otras actividades importantes para el desarrollo del país; es ilustrativo a este respecto que cuando

en 1849, se redacta la exposición de motivos del Real Decreto por el que se crea la "Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino" se hace realzando la utilidad de las Ciencias de la Tierra para el desarrollo y bienestar de los pueblos y los beneficios y aplicaciones que su conocimiento tenía en sectores tan variados como la minería, las obras públicas, la agricultura, el abastecimiento de agua a los núcleos de población, así como en la construcción y edificación. La justificación del Plan MAGNA, en tiempos más recientes, se hace también vinculando la necesidad de esta infraestructura con un Plan de investigación y evaluación del potencial minero como el PNIM.

En los momentos actuales, en los que en todos los países de la Unión Europea, la prospección y evaluación de recursos minerales ha dejado de ser una actividad relevante, parece "a priori" poco justificable que las administraciones inviertan en este tipo de infraestructuras, basándose exclusivamente en esa demanda. Existen, sin embargo, un número importante y creciente de sectores para los que sigue siendo imprescindible disponer de mapas geológicos de calidad (García Cortés 1999). Así, en un subsector como el las *rocas y minerales industriales* que en toda Europa y especialmente en España, mantiene un crecimiento sostenido, es necesario disponer de mapas geológicos, con una buena delimitación de unidades litoestratigráficas, que permitan una correcta exploración, evaluación y ordenación de estos recursos.

El conocimiento y cuantificación de los *recursos hidrogeológicos* (de especial importancia igualmente en España) o del espacio subterráneo para *almacenamiento de sustancias o residuos*, son demandas crecientes y en su caracterización, ordenación y regulación, la disponibilidad de mapas geológicos con información de subsuelo es imprescindible.

La creciente ocupación del territorio por todo tipo de actividades antrópicas, incrementa el número de bienes expuestos a los *procesos geológicos activos* y por tanto las pérdidas económicas provocadas por catástrofes naturales tales como: avenidas catastróficas, movimientos en masa de laderas, erosión continental y costera, actividad sísmica o volcánica, expansividad de

arcillas. La existencia de una adecuada cartografía geológica y geomorfológica permite delimitar las áreas inadecuadas para determinados usos, limitando sensiblemente sus gravosas consecuencias. Para su prevención y mitigación no hay herramienta más barata que una adecuada ordenación del territorio basada, entre otras consideraciones, en la información que los mapas geológicos y geomorfológicos pueden aportar (Gómez Orea, 1994).

La disponibilidad de una infraestructura geológica de calidad es un instrumento necesario para el diseño de las *obras públicas*, en especial las lineales, con la mayor eficiencia y economía posible, optimizando los costes del trazado y reduciendo al mínimo los de mantenimiento por movimientos del terreno, así como los impactos ambientales de las obras.

Asimismo determinadas actividades humanas provocan un fuerte impacto en el medio físico: contaminación de suelos y acuíferos por vertidos y efluentes, actuaciones en el litoral, abandono de minas, que pueden ser mitigados mediante una ordenación territorial realizada desde la perspectiva del medio físico, con análisis de la capacidad de acogida del territorio en base a la cartografía geológica existente, junto con otros factores de carácter ambiental (García Cortés, 1999).

Por último, en una sociedad donde el sector del ocio, y más concretamente el del turismo activo en la naturaleza, van adquiriendo una gran importancia, se detecta una demanda creciente de documentos cartográficos de carácter divulgativo que sirvan de soporte para un mejor conocimiento y comprensión de los elementos y procesos de la superficie terrestre que conforman el paisaje natural. Parques nacionales y naturales serían las áreas de mayor demanda de este tipo de cartografías.

Recientemente se ha realizado en la Dirección de Geología del ITGE un estudio de la demanda de la cartografía geológica MAGNA en la que se ha estimado la rentabilidad de las hojas del Plan MAGNA publicadas hasta la fecha, basándose en la simple consideración del número medio de ventas anuales de cada hoja, lo que ha permitido, conociendo el coste de ejecución de las hojas, deducir su rentabilidad en términos puramente «editoriales».

De este estudio se desprende que

la demanda de las 771 hojas publicadas en aquellas fechas ascendía a unas 31.000 hojas/año, lo que supone una demanda anual media de unos 40 ejemplares por hoja, si bien ésta es muy variable, pues oscila, según la hoja de que se trate, entre 3 y más de 120 ejemplares/año. En la **figura 4** puede apreciarse que las áreas con mayor demanda son, salvo excepciones, las de mayor densidad de población (áreas de influencia de las grandes ciudades y zonas costeras mediterráneas y cantábricas) lo que ratifica la mayor necesidad de este tipo de documentos allí donde la presión ejercida sobre el territorio es mayor.

El futuro de las cartografías geológicas en el ITGE

El planteamiento de futuro de las diferentes alternativas de las cartografías geológicas del ITGE, ha de tener en cuenta algunos aspectos esenciales para abordar su diseño con rigor, así como orientar su debate y discusión: en primer lugar es necesario tener en cuenta la *demanda* de las actuales series cartográficas e identificar las demandas potenciales para intentar responder a los requerimientos de la sociedad, en segundo lugar se han de tener en cuenta las deficiencias identificadas en las actuales series cartográficas para intentar subsanarlas en el futuro. En este epígrafe se plantea una reflexión sobre las actuaciones de futuro que el Área de Cartografía Geológica considera necesarias para abordar las demandas sociales de este tipo de infraestructuras en el próximo milenio.

En primer lugar, por lo que se refiere al Plan MAGNA a escala 1:50.000, su finalización está prevista para el año 2002, aunque el proceso editorial de la producción en realización puede alargar su finalización efectiva un poco más. No obstante, como se ha puesto de manifiesto, existe un cierto número de hojas con una demanda social apreciable (**fig. 4**) que en general, están situadas en áreas en las que el plan se realizó en sus estadios iniciales y que, por lo tanto, son hojas con más de 20 años de antigüedad; además carecen de Mapa Geomorfológico (**fig. 5**).

Los otros dos programas en ejecu-

ción: Plan FOMAR y MAGNA a escala 1:200.000, aunque están aún en un estadio modesto de ejecución, parece razonable proceder a un replanteo de sus contenidos y formatos en vista de las deficiencias puestas de manifiesto.

Por último, la identificación de una creciente demanda de documentos cartográficos en los espacios naturales protegidos, tanto por las administraciones gestoras como por los usuarios particulares del sector del turismo activo, aconsejan plantear alguna iniciativa en este sentido.

En base a estas premisas se plantean de cara al futuro la realización de las siguientes series cartográficas regulares:

- *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000*

- *Mapa Geológico de España a escala 1:200.000*

- *Guías Geológicas de los Parques Nacionales y Naturales*

Se pueden plantear asimismo la realización de series a otras escalas como la 1:25.000, en ámbitos territoriales restringidos (islas, áreas metropolitanas), siempre que exista una demanda identificada o un administración cofinanciadora.

El nuevo Mapa Geológico de España a escala 1:50.000

La realización regular del mapa geológico más emblemático del ITGE en toda su historia debe mantenerse, por la existencia de una demanda social identificada y por la excesiva antigüedad de las hojas más demandadas, que hacen poco aconsejable su simple reimpresión; la reciente incorporación del mapa geomorfológico a esta misma escala determina que, precisamente las hojas más demandadas, carezcan de un mapa fundamental para la planificación territorial o la identificación de procesos geológicos activos como es el geomorfológico. Por otra parte, ningún organismo cartográfico español se plantea abandonar esta escala que es bastante adecuada para las dimensiones del país.

No obstante, una vez finalizado el Plan MAGNA en su actual concepción, que dota a todo el territorio nacional de una infraestructura homogénea, la actualización de las hojas a escala 1:50.000 se debe cir-

cunscribir a las áreas donde esta infraestructura es demandada, priorizándose su realización en base a su antigüedad o cuya primera edición esté agotada.

El Programa de Actualización del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, ha de representar la serie cartográfica de carácter fundamentalmente *infraestructural*, en la que primen los datos sobre la interpretación, y la delimitación cartográfica de unidades litoestratigráficas bien identificables, sea el objetivo fundamental. Se incorporará, asimismo, la realización regular del mapa geomorfológico a la misma escala. La edición de ambos mapas se realizará de forma conjunta, aunque no se debe descartar la realización de un programa específico y diferenciado para completar la cobertura del Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50.000.

El formato de las nuevas hojas actualizadas no debe diferenciarse mucho del actual, de hecho el formato de las hojas MAGNA representa las "señas de identidad" de las series cartográficas regulares producidas en España, no sólo por el ITGE, sino también por las Comunidades Autónomas que han desarrollado esta actividad. Solamente es necesario modificar aquellos aspectos que la experiencia de desarrollo el Plan MAGNA, ha permitido identificar como más deficientes:

-Incorporación sistemática de los datos de geología del subsuelo, con la construcción de cortes geológicos profundos, rigurosos geométricamente.

-Mejora en el tratamiento de las formaciones recientes y superficiales.

-Flexibilización y modificación de algunos aspectos formales: simplificación de la leyenda adecuando tamaños y espesores a la realidad litoestratigráfica y eliminando elementos innecesarios (escotaduras y "escalones" laterales), posibilidad de inclusión de cuadros de correlación estratigráfica y esquemas adicionales (metamórfico, de facies sedimentarias,...), cuando sean aconsejables.

-Mejora de aspectos editoriales: mejor tratamiento de colores y tramas, uso generalizado de la línea continua para contactos normales o paraconformes, esmero en la maquetación de toda la simbología geológica.

Respecto al soporte de las nuevas hojas actualizadas, muchos factores aconsejan mantener el actual soporte

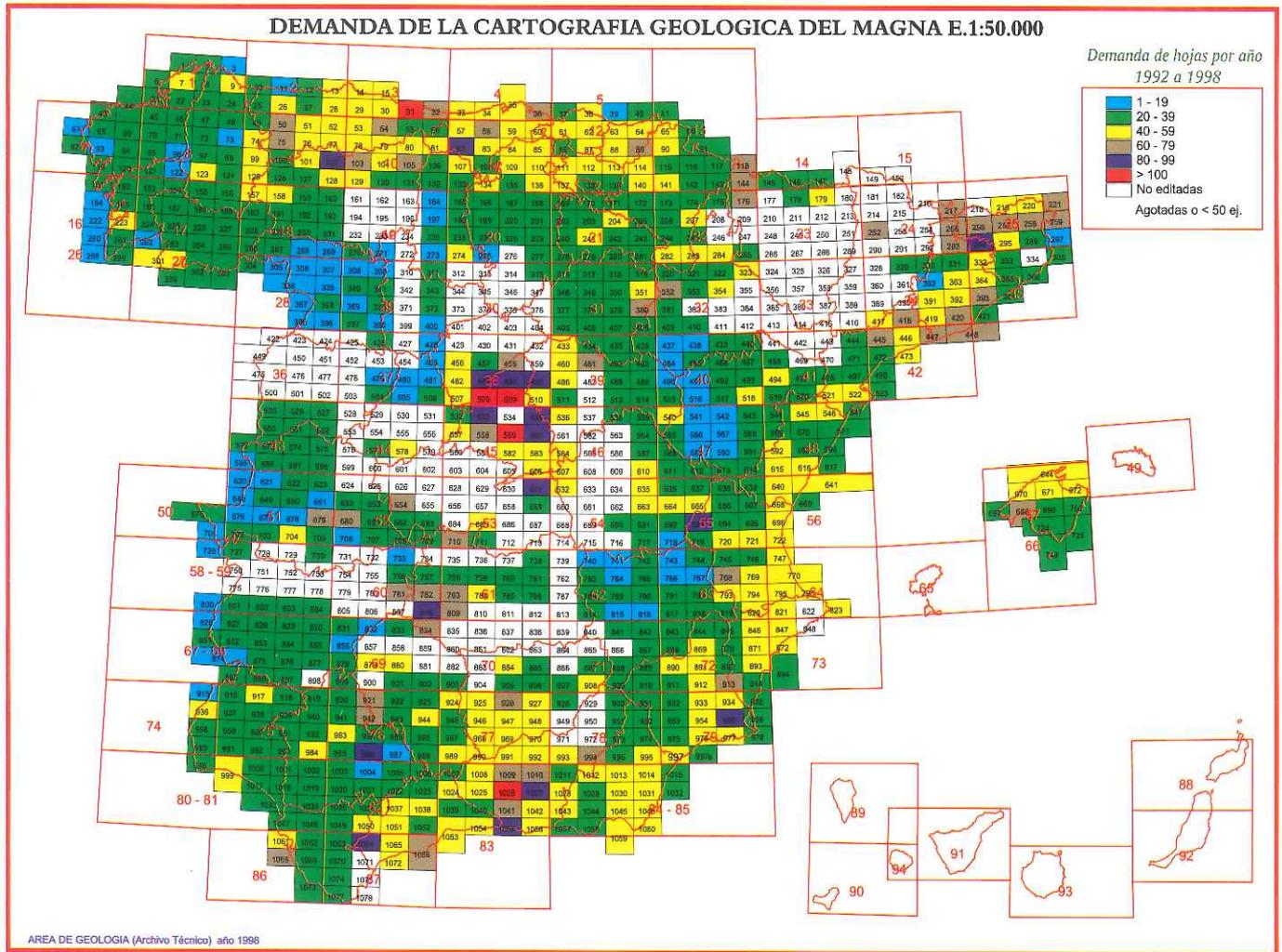


Fig. 4. Demanda social del MAGNA.

en papel para los mapas geológico y geomorfológico: posibilidad de utilización sobre el terreno, visión global de toda la hoja y no restringida al tamaño de una pantalla de ordenador, facilidad de transporte y manejo..., no obstante parece razonable disminuir drásticamente el tamaño de la memoria explicativa, reduciéndolo a un folleto explicativo de los mapas geológico y geomorfológico de 10 ó 15 páginas.

La actual memoria explicativa, con descripciones detalladas de las unidades estratigráficas o plutónicas, tectónica, petrología, geomorfología y geología económica, junto con gran parte de los documentos de la actual "documentación complementaria" (columnas estratigráficas, mapa de muestras, descripciones de las muestras, fotos, listados de datos químicos,...) y los propios mapas geológico y geomorfológico se incluirán en un soporte digital (CD o, en el futuro DVD) en un for-

mato adecuado (PDF), que permita su fácil visualización en un ordenador. Todos los elementos, mapas geológico y geomorfológico, folleto explicativo y CD, se suministrarán de forma conjunta al usuario, que también debería poder acceder a ellos, total o parcialmente, a través de la información que el Centro de Documentación del ITGE debe de poner en Internet.

El nuevo Mapa Geológico de España a escala 1:200.000

El planteamiento de una nueva serie de mapas geológicos a escala 1:200.000, parte de la necesidad de dotar a la comunidad geológica en particular y a la sociedad en general, de un documento cartográfico diferenciado del de escala 1:50.000, de carácter ho-

mogéneo, que aborde los problemas geológicos a una escala "regional" y que incluya en una sola serie los actuales mapas geológicos terrestre y de la plataforma continental a escala 1:200.000.

Las actuales series a esta escala adolecen de algunos problemas que aconsejan un replanteamiento de esta magnitud. En primer lugar los actuales mapas geológicos de la plataforma continental incluyen una geología de la parte emergida, normalmente distinta de la de la serie "terrestre", lo que implica una duplicación de esfuerzos y de recursos difícilmente justificable. La realización conjunta de las áreas emergidas y de la plataforma favorecerá los intercambios entre los investigadores participantes en el proyecto, lo que redundará en un enriquecimiento de los resultados.

La actual serie del Mapa Geológico a escala 1:200.000 carece de un

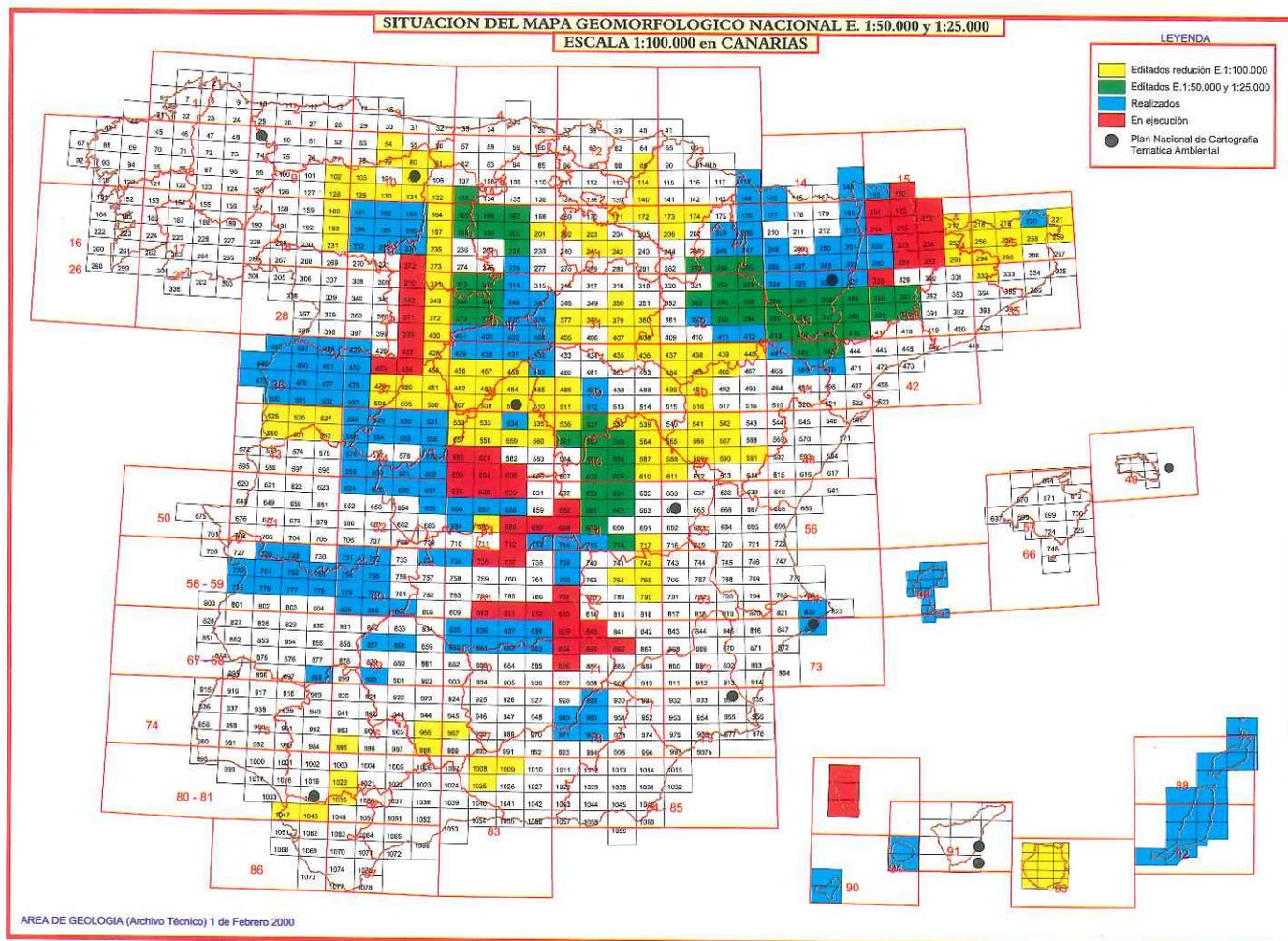


Fig. 5. Situación Mapas Geomorfológicos.

planteamiento metodológico y una normativa específicos, dado que se viene aplicando la del Plan MAGNA con algunas modificaciones que varían de una hoja a otra. Esto ha dado lugar, a mapas de irregular alcance y calidad, desde meras reducciones a escala, de la hojas del MAGNA, hasta hojas con una casi completa modificación de la cartografía existente; los presupuestos asignados a cada hoja han reflejado esta realidad, desde los 3 mp, en los primeros casos hasta el caso extremo de la Hoja 17/27 (Ourense-Verín), donde la inversión superó los 50 mp.

En el Área de Cartografía Geológica se está elaborando una normativa específica para la realización del Mapa Geológico de España a escala 1:200.000 cuyas líneas fundamentales son las siguientes:

–*Carácter sistemático*; esta serie nace con vocación de cubrir todo el territorio nacional, por lo que las unida-

des cartográficas deberán ser representativas y correlacionables a escala “regional”. El planteamiento metodológico para la realización de este programa debe ser el de abordar conjuntamente las hojas de grandes unidades geológicas. Esto permitirá disponer de documentos de trabajo previos, en formato digital, antes de la edición definitiva en papel. Esta edición, en soporte convencional, no se realizaría hasta que estuviera completo el estudio de la unidad geológica considerada.

–*Carácter sintético*; lo que implica un esfuerzo de síntesis e interpretación que eviten reproducir a escala reducida, las hojas 1.50.000, eliminando recintos de pequeño tamaño. Las unidades tectónicas y/o tectonosedimentarias o plutónicas más significativas y las grandes estructuras regionales deben ser identificables en el mapa.

–*Carácter más científico* en contraposición al carácter más infraes-

tructural de la serie a escala 1:50.000; esto implica no sólo un mapa más interpretativo sino un especial cuidado en la elaboración de la memoria explicativa. El objetivo de la memoria es el de elaborar un compendio del conocimiento geológico en el área cubierta por la hoja, por lo que se debe tratar de involucrar a la comunidad científica en su realización. Cada memoria tendrá un editor y los diferentes capítulos, pueden tener autores distintos en función de su especialización. El texto definitivo será sometido a la revisión de expertos, tanto del ITGE como de fuera de él, antes de su edición definitiva.

El formato, aún manteniendo un diseño similar al actual, contiene modificaciones importantes: así el tipo de leyenda expresa mejor las correlaciones estratigráficas y delimita claramente cada unidad estructural, cuenca o dominio paleogeográfico, se incluye

un esquema con las fuentes cartográficas, similar al de la serie de "Síntesis geológica", desaparecen las columnas de unidades o zonas y se pueden incluir esquemas adicionales además del regional y el tectónico, como el morfoestructural, metamórfico o de facies sedimentarias

El formato de la memoria explicativa será parecido al de las actuales hojas del FOMAR: tamaño A4, a doble columna, con abundancia de gráficos y figuras y la inclusión de fotos.

Guías Geológicas de los Parques Nacionales y Naturales

Este nuevo programa, aún en fase de definición conceptual, pretende responder a la creciente demanda detectada de productos divulgativos, ligada al auge del turismo en la naturaleza. Estos productos cartográficos, limitados en principio a los Parques Nacionales y Naturales, irían soportados en las bases topográficas de estos entornos que el IGN publica a escalas 1:25.000, 1:50.000 y 1:100.000. Se conciben como mapas divulgativos en los que las unidades cartográficas representadas se relacionen con el paisaje a través de las formas del relieve y de las asociaciones vegetales existentes; se haría especial referencia a los puntos de interés geológico singular con indicación de itinerarios recomendados.

La memoria, en formato de guía de campo con gran apoyo gráfico, haría un énfasis especial en la Historia Geológica, como elemento explicativo de la evolución geológica del área y, por tanto, del paisaje hoy día existente, así como los procesos geológicos pasados y los que todavía son activos y pueden dar lugar a riesgos geológicos de mayor o menor entidad. Se incluirá una serie de capítulos específicos de cada itinerario geológico referenciado en el mapa y la descripción de los elementos y procesos geológicos genéricos o singulares que se observan en el mismo.

Otros programas

Por último, un breve comentario sobre la necesidad de un programa sistemático a escala 1:25.000, de características similares al que están abordan-

do algunas Comunidades Autónomas como Cataluña, Navarra o el País Vasco. En principio no parece justificable técnica ni económicamente este tipo de programa por dos razones fundamentales: la primera por el elevado número de hojas de que constaría (más de 4.000) lo que le haría extraordinariamente costoso para las disponibilidades presupuestarias actuales. Pero aún suponiendo que el programa se limitara a las áreas de mayor demanda de cartografía, con lo que el número de hojas podría reducirse a un millar, el incremento de información que aportaría sobre los actuales mapas 1:50.000 no compensaría el esfuerzo económico a realizar.

En esas circunstancias se considera más realista actualizar con rigor los mapas 1:50.000 que hayan quedado obsoletos y tengan demanda social. Sólomente en áreas territoriales muy específicas como islas, entornos metropolitanos de grandes ciudades, áreas costeras con fuerte presión demográfica o turística, podrían abordarse planes específicos a escala 1:25.000, siempre en colaboración con las Comunidades Autónomas interesadas.

Conclusiones

Puede afirmarse que en España el nivel de la infraestructura cartográfica de naturaleza geológica es más que aceptable, gracias a los numerosos programas cartográficos que arrancaron en la década de los años 70. Un hecho objetivo que corrobora este buen nivel medio de las cartografías geológicas del ITGE es el éxito conseguido en el exterior (Iberoamérica y Marruecos), en los que el «modelo MAGNA» se ha exportado en concurrencia competitiva con otros servicios geológicos extranjeros.

Por lo que se refiere a la cartografía geológica sistemática a escala 1:50.000, el grado de cobertura del territorio es prácticamente total lo que sitúa a nuestro país en un lugar privilegiado a nivel internacional.

La utilidad de las cartografías geológicas parece ampliamente justificada y su rentabilidad social demostrada, aunque su utilización esté limitada a un minoritario sector de expertos usuarios, en parte por el complejo lenguaje gráfico de los mapas y verbal de las memorias, pero también por la defi-

ciente formación de los profesionales y del público en general en las ciencias geológicas.

En la actividad futura del ITGE en este campo se deben atender las demandas sociales, actualizando aquellas hojas a escala 1:50.000 más antiguas y demandadas, completando una serie a escala 1:200.000 que incluya la geología de la plataforma continental y divulgando el conocimiento del medio geológico a los sectores sociales más sensibles a este tipo de información a través de una nueva serie de Guías geológicas de los Parques Nacionales y otros espacios naturales protegidos o de interés.

Agradecimientos: el autor agradece los comentarios y sugerencias de los que han contribuido, sin duda, a mejorar el documento original. Especialmente a Ángel García Cortés, Ángel Martín-Serrano, Félix Bellido, Francisco Nozal, Nemesio Heredia y Jorge Fernández-Gianotti.

Referencias bibliográficas

- Bernknopf R. L., Brookshire D.S., Soller D. R., McKee M. J., Sutter J. F., Matti J. C. y Campbell R. H. (1993): «Societal value of geological maps». U.S. Geological Survey Circular 1111. 53 pp.
- Engelhardt W. Von y Zimmermann J. (1988): «Theory of Earth Science». Cambridge. 381 pp.
- Fernández-Gianotti, J. (1997): «Informe sobre las características técnicas y de edición de las hojas geológicas del Plan MAGNA». Informe inédito. 59 pp. Dirección de Geología y Técnicas Básicas. ITGE.
- Gómez Orea D. (1994): «Ordenación del territorio. Una aproximación desde el medio físico». ITGE- Editorial Agrícola Española S.A. 288 pp.
- Rodríguez Fernández L. R. (1991): Las cartografías temáticas producidas por el Instituto Tecnológico Geominero de España. IV Jornada Técnica Temática de la Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección. Madrid. Junio 1991.
- Rodríguez Fernández, L. R. (1992): Las cartografías temáticas producidas por el Instituto Tecnológico Geominero de España: La Cartografía MAGNA y otras cartografías geológicas derivadas. *MAPPING* nº 3. 70-80.
- Rodríguez Fernández L. R. (1996): «Los mapas geológicos y temáticos producidos por el ITGE: usos y aplicaciones». 1^{er} Curso Iberoamericano sobre Infraestructura Geológica y Desarrollo Sostenible. 11 pp.
- Santanach P. (1995): «La geología regional, clan de volta del método geológico». Bull. Inst. Cat. Hist. Nat. 63: 5-16.
- U.S. Geological Survey (1987): «National Geological Mapping Program Goals, objectives and long-range plans». U.S. Geological Survey Circular 1020. 29 pp.



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>



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

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 **Consortio 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

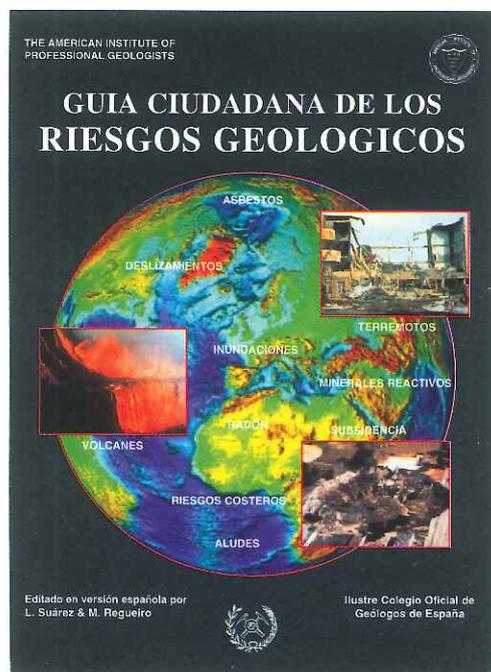
Legisladores
Urbanistas
Políticos

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!



¡SÍ!

TARJETA DE PETICION

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

Proyecto y obras de consolidación en los acantilados de Tacoronte (Tenerife)

Oswaldo García-Hernán Gómez

Dr. Geólogo. Ingeniero de Construcciones Civiles. Consejero Técnico en la Dirección General de Costas (M^o M.A.). Director del Proyecto y de la Obra.

Ángel Cocero Alonso

Geólogo. Coautor del Proyecto y Asistencia Técnica a la obra. TRACSATEC.

La Playa de la Arena de Tacoronte, situada en el norte de la isla de Tenerife es una de las pocas existentes en la zona. Está rodeada de altos taludes basálticos inestables, poniéndose en riesgo los usuarios de la misma por caída de bloques.

En el artículo se exponen los métodos geológicos-geotécnicos seguidos en el proyecto y se hacen algunos comentarios sobre las obras en curso actualmente.

Antecedentes

La playa de La Arena se localiza en la costa noroccidental de la isla de Tenerife, dentro del T.M. de Tacoronte. Este tramo de costa se caracteriza por la escasez de playas y el predominio de grandes acantilados, configurando un paisaje particular de la isla cuya máxima representación es el espacio natural protegido de costa de Acentejo, en cuyo extremo septentrional se sitúa la playa de La Arena.

La costa de Tacoronte está formada por altos escarpes naturales, constituyendo acantilados que están sometidos a los procesos del litoral y de la dinámica de los propios taludes. La playa de La Arena se encuentra en una darsena formada por erosión marina y atmosférica, sobre las rocas menos competentes, provocando la caída de bloques suprayacentes. Ese proceso de formación de la playa continúa actualmente y por lo tanto la caída de bloques.

El acceso natural a la playa era complicado en sus condiciones más naturales. En la década de los años 70 se realizó una costosa y complicada carretera que desciende hasta el espolón o cabo rocoso conocido como Mesa del Mar. Allí se hizo una arriesgada promoción urbanística. Las construcciones más altas invadieron el dominio público marítimo terrestre y entre ellas se dejó un estrecho paso peatonal. Tras perforar el espolón basáltico se construyó un túnel por el que pueden acce-

der vehículos. Ambos pasos están en el lateral noreste de la playa.

Los oscuros e impresionantes acantilados volcánicos que rodean la playa hacen que el lugar proyecte un ambiente especial, algo sobrecogedor. No es de extrañar que algunas de las cuevas existentes fuese empleada por los guanches prehistóricos para realizar enterramientos, tal y como hemos descubierto en el transcurso de las obras que realizamos actualmente.

Los acantilados de Mesa del Mar presentan un proceso normal de erosión y deslizamientos, en avance lento y continuado. Estos procesos naturales en todos los acantilados, suponen riesgo para personas y bienes, cuando éstas se sitúan en zonas de peligro. El hombre en su deseo de ocupar hasta el último punto del planeta que le parezca utilizable, puede situarse en zonas de riesgo. En estos casos de riesgo, los técnicos de las administraciones responsables, han de tomar decisiones como:

- Cerrar la playa para evitar riesgos y dejar que continúe el proceso natural.
- Actuar sobre los taludes con independencia del impacto y coste ambiental o económico hasta eliminar el riesgo totalmente.
- Actuar moderadamente disminuyendo el riesgo y advirtiendo de su existencia residual.

La primera medida tiene implicaciones sociales y económicas y por lo tanto políticas. Raramente es viable.



Figura 1. Simulación con ordenador sobre fotografía de algunas actuaciones: Mallas metálicas (arriba y derecha), buniones, gunitado y barrera dinámica (sobre el túnel) en el espolón de Mosa del Mar en el NE de la playa de la Arena.

– La segunda puede ser, como en este caso, inviable ante el enorme coste económico de asegurar las montañas circundantes y especialmente el coste medio ambiental.

– La tercera es en este caso la más lógica, sabiendo que la estabilidad completa no se alcanzará.

Características geológicas

Los acantilados en los que se desarrollan las inestabilidades observadas, están constituidos por rocas volcánicas pertenecientes a las series basálticas II y III, definidas en la isla. Se trata de distintos productos volcánicos emitidos en varias fases durante el Pleistoceno, es decir desde hace 1,6 millones de años hasta hace 10.000 años.

El conjunto del macizo rocoso de los acantilados, está constituido por cuatro paquetes basálticos, uno de ellos discontinuo, entre los que se encuentran tres capas de piroclastos. Existe un paquete basal de aglomerado volcánicos. El espesor de las coladas basálticas varía desde los tres a cinco metros en los dos paquetes inferiores, hasta los más de veinticinco metros del paquete superior, en el extremo occidental del espolón en donde emboquilla el túnel, la zona más peligrosa.

El proyecto lo realizamos en 1999 y las obras las estamos ejecutando actualmente.

Condiciones geotécnicas

El reconocimiento geológico - geotécnico, ha puesto de manifiesto que sólo las coladas basálticas poseen una red de fracturación definida. Los niveles pi-

roclásticos presentan una estructura granular y los aglomerados basálticos, caótica sin apenas fracturación. En los trabajos previos participó el geólogo D. Evaristo Portillo. La alternancia de escorias y basaltos que coronan la serie, presentan una fracturación muy irregular. Sólo las intercalaciones de basalto muestran una fracturación más o menos regular, generalmente subvertical. Dado el reducido espesor de las coladas se individualizan en bloques de roca con dimensiones decimétricas.

A partir del análisis realizado, se han identificado tres familias de discontinuidades, de las cuales J1 y J2 están claramente definidas en todos los puntos. Son las que constituyen la disyunción columnar apreciable. La familia J3, de bajo buzamiento, aparece de forma mucho más irregular. Las familias de juntas existentes, en cada una de las zonas identificadas son:

Zona Occidental	Zona Central	Zona Oriental
J1: N233 / 86	J1: N007 / 75	J1: N227 / 86
J2: N304 / 86	J2: N097 / 75	J2: N147 / 68
J2': N338 / 78	J3: N227 / 35	J2': N329 / 68
		J3: N320 / 27
		J3': N165 / 40

En general, todas estas juntas presentan una ondulación del orden de unos 10 cm de amplitud, con longitud de onda media de unos 2 metros aproximadamente.

Además de estas familias, se observan ocasionalmente otras juntas, con buzamientos inferiores a 45°, que, al igual que las juntas J3, colaboran en la separación de bloques de roca descalzados.

No se han observado surgencias de agua en las laderas. En el interior del túnel, tampoco se aprecian humedades, por

lo que se considera que no hay un nivel freático estable en el macizo. La orografía y fracturación facilitan el drenaje.

Estudio de inestabilidades

Dada la resistencia de los materiales y la altura, se descarta la posibilidad de roturas generalizadas que pudieran afectar a todo el acantilado, al menos con los datos disponibles.

Los problemas de estabilidad existentes en los taludes de la playa de Mesa del Mar, obedecen a tres mecanismos distintos, que se exponen a continuación:

– Desprendimientos de grandes bloques de roca basáltica, debido a la descompresión y al descalce de los mismos por erosión de los paquetes piroclásticos infrayacentes, y a alabeos en la orientación de las juntas.

– Desprendimientos de cantos y bloques pequeños y medianos (en general menores de 1m³), de los niveles de escorias que coronan el espolón rocoso atravesado por el túnel. Estas caídas se producen por erosión diferencial dentro de los propios paquetes de escorias, compuestos por alteraciones irregulares de zonas granulares deleznales y bloques rocosos.

– Desprendimientos de bloques medianos del aglomerado volcánico por erosión diferencial de las zonas más o menos cementadas o soldadas, cuya distribución es totalmente anárquica.

– Róldo y deslizamiento de cantos y bloques de roca por las laderas cuyo substrato son los paquetes piroclásticos. Los cantos provienen regularmente de la erosión de los propios piroclastos, mientras que los bloques tienen su origen en las caídas de rocas de los farallones basálticos o de escorias, que luego deslizan o ruedan por la ladera. El conjunto puede formar “derrumbios” no muy estables que pueden deslizarse.

La inestabilidad de las coladas basálticas se estudia mediante el método gráfico de Klaus W. John, basado en la proyección hemisférica, que permite estudiar en tres dimensiones la influencia de la estructura geológica del macizo sobre la estabilidad de un talud.

Medidas correctoras contempladas

Las soluciones consideradas inicialmente han sido aquellas, que habi-

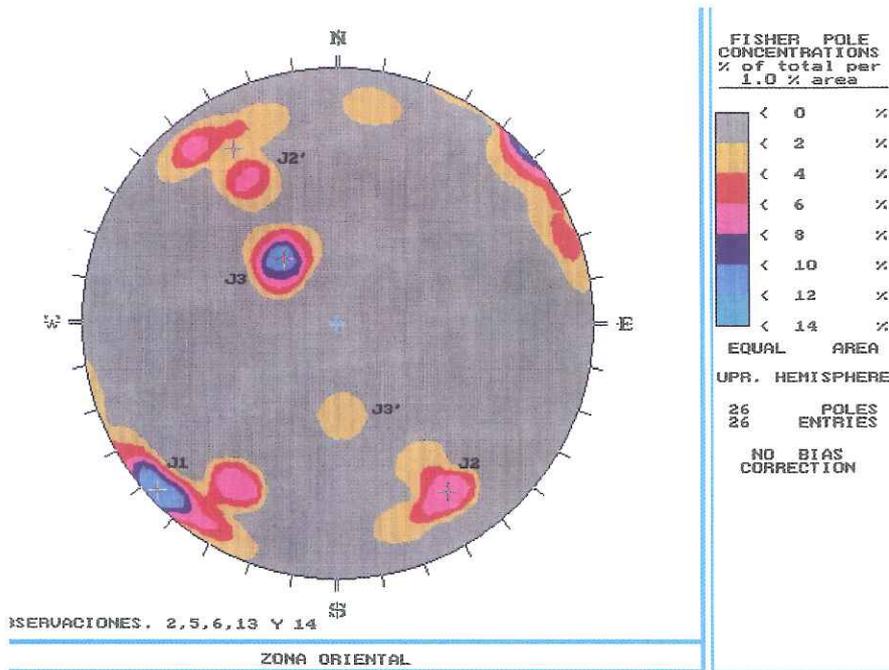


Figura 2. Una representación de las discontinuidades en una de las zonas (oriental) del proyecto.

tualmente se utilizan en la ingeniería de taludes, para abordar la problemática de riesgo generada por cada una de inestabilidades presentes en los taludes de Mesa del Mar, sin tener en cuenta su complementariedad o incompatibilidad.

Estas medidas bien estabilizadoras bien de protección han sido:

- Bulonaje activo
- Malla de alambre
- Muro de contención
- Hormigón proyectado
- Barreras dinámicas
- Falso túnel
- Hidrosiembra
- Bulonaje pasivo
- Malla de cable de acero
- Muros de recalce
- Relleno de cueva
- Galería dinámica
- Saneos de taludes
- Plantaciones

Un estudio de alternativas de todas estas medidas correctoras en el que se ha tenido en cuenta efectividad, impacto ambiental, coste y dificultad de ejecución, ha permitido la selección del sistema corrector más idóneo, del que ha quedado excluido la galería dinámica y el falso túnel. Destacan como medidas estabilizadoras más importantes las redes de bulones activos, con más de 300 bulones de entre 6 y 8 m de profundidad, y las mallas de alambre de triple torsión y de cable de acero, con 3.578 m² y 2.445 m² respectivamente. Como medida de protección merece mención 80 m de barrera dinámica de 4 m de altura y 500 kilojulios de resistencia.

Diseño de bulones

Esta es la principal medida correctora y la que necesita de un cálculo y diseño más meticuloso, por lo que a continuación se exponen los principios para su realización.

Su dimensionamiento se basa en las familias de discontinuidades y en el estudio de inestabilidades. En los taludes de menor estabilidad se diseña bulonaje ocasional y en los más inestables bulonaje sistemático.



Figura 3. Muro de recalce que junto a los piroclastos están bajo las coladas basálticas.

Para el diseño de sostenimiento se ha calculado la fuerza de retención necesaria para alcanzar factor de seguridad igual a uno en condiciones meramente friccionales, o igual a 1,2 en en las zonas más desfavorables, ya que el resto de factores estabilizadores como puentes de roca y discontinuidades de juntas es muy difícil evaluar.

Se ha calculado el ángulo que hay que desplazar el peso de los bloques para alcanzar el factor de seguridad requerido y la fuerza equivalente a este desplazamiento. Finalmente se ha obtenido la longitud de anclaje necesario para asegurar la estabilidad del bulón.

Cálculo de barreras dinámicas

La trayectoria de los bloques desprendidos se analiza mediante el programa CRSP, desarrollado por el «Colorado Transportation Institute» de Colorado (EE.UU.), que modeliza el comportamiento de las este tipo de caídas, mediante un análisis estadístico basado en numerosas observaciones de caídas de rocas.

Se ha llevado a cabo un estudio de las trayectorias posibles de los bloques que puedan caer desde los farallones rocosos, y/o rodar por las laderas. La conclusión que se pretende obtener con el análisis, es conocer la altura de rebote de las rocas desprendidas al chocar con otras de menor cota y su energía, al objeto de poder diseñar las

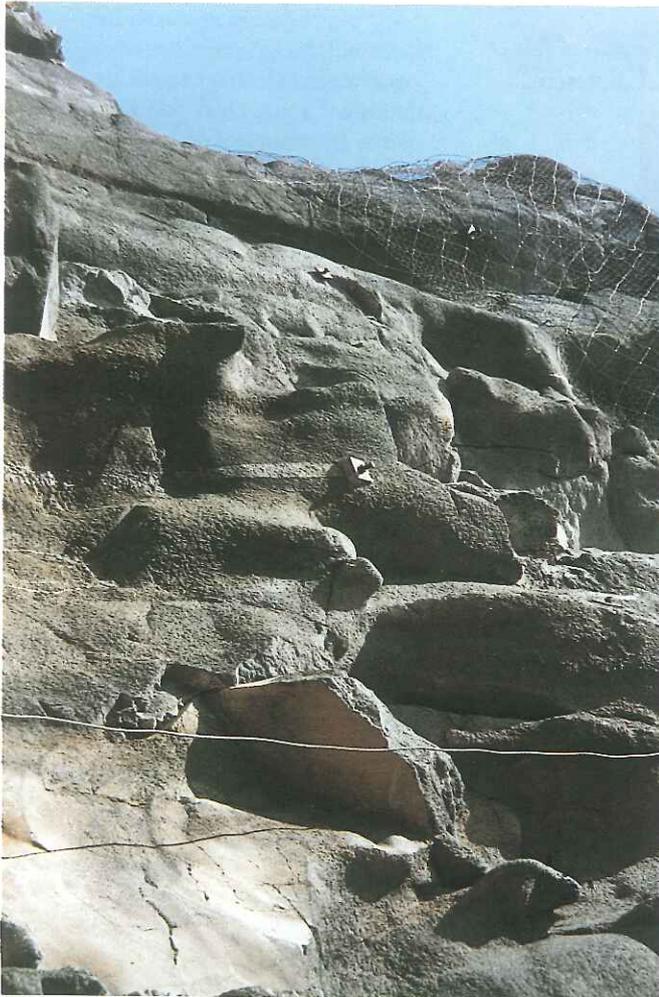


Figura 4. Bulones y mallas metálicas de triple torsión en fase de colocación. Zona oriental.

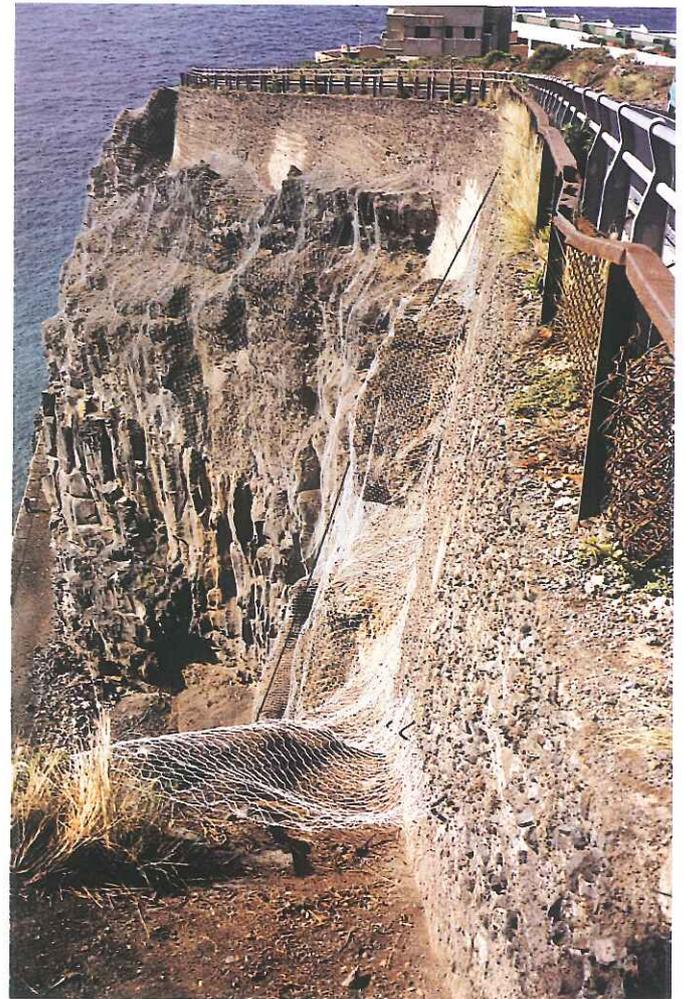


Figura 5. Mallas en fase de colocación. Más abajo la zona de bulonado. A la izquierda (abajo) uno de los accesos.

barreras adecuadas que detengan su trayectoria antes de que invadan las zonas de uso público.

Para ello se han considerado perfiles tipo, cada uno de los cuales se sitúan en una de las tres zonas definidas, Central, Oriental y Occidente. En cada uno de los cálculos se analiza la trayectoria de caída de 180 bloques, para los que se supone una velocidad inicial de 0,3m/seg, que permite iniciar el movimiento. Se define un punto de análisis, normalmente donde se prevé colocar la barrera en su caso, identificado con la coordenada X (analysis position), y una zona de origen de donde se desprenden los bloques, identificada con las coordenadas Y del comienzo y final de la zona, sobre el perfil de cálculo (initial Yzone).

El perfil 1 se sitúa en la Zona Central y los resultados aconsejan una barrera como medida complementaria de seguridad de 4 m de altura. El perfil 2 se sitúa en la ladera de piroclastos de la

Zona Oriental, y los resultados indican que el material movilizado no alcanza el pie del talud. El perfil 3 se sitúa sobre el paso peatonal y los resultados indican que los bloques sobrepasarían la galería dinámica, con alto riesgo para los transeúntes donde ésta no alcanzase el mar. El perfil 4 se sitúa en los escarpes de aglomerados de la Zona Oriental, donde con los resultados se considera suficiente la instalación de una barrera de 4 m de altura.

Los resultados obtenidos en cada uno de los perfiles pueden observarse en los cuadros de la página siguiente.

Cálculo de bulones

Para el cálculo de bulones utilizamos la fórmula: $Tgt A / FS = Tgt B$; donde A= ángulo de fricción de la discontinuidad, B= ángulo de la resultante del peso, FS= factor de seguridad.

El ángulo de desplazamiento del peso será: $C - B$; donde C es el ángulo del talud. En nuestro caso 52° y 57° para FS= 1 ó 1,2 respectivamente.

Mediante diagrama vectorial se calcula la fuerza necesaria para desplazar 52° el peso de los bloques, que para densidades de $2,75 t/m^3$ y bloques de $5 m^3$ resulta ser 19,4 toneladas, por lo que habrá que utilizar bulones superiores a f-25, que sólo son capaces de admitir 17 toneladas de tensión, es decir se utilizarán bulones f-28. Cada uno de estos bulones estabiliza $7,41$ ó $5,9 m^2$ de superficie, según factor de seguridad y aplicando el diagrama de fuerzas y con una inclinación de 4° respecto de la horizontal. Dichas superficies corresponden a una red de $3m \times 2,5m$ ($7,5 m^2$) y a otra de $3m \times 2m$ ($6 m^2$).

A continuación se calcula la longitud de anclaje necesaria para asegurar la estabilidad de un bulón f - 32 mm de 28 toneladas de tensión, previsto para el bulonado del talud. La adherencia

PERFIL 1

Probab.	Veloci. m	Energía kJ	Rebote m
50%	10,55	156	0,15
75%	11,56	190	3,9
90%	12,46	221	7,28
95%	13,01	239	9,3
98%	13,62	260	11,58

PERFIL 2

Probab.	Veloci. m	Energía kJ	Rebote m
50%	0	0	0
75%	0	0	0
90%	0	0	0
95%	0	0	0
98%	0	0	0

PERFIL 3

Probab.	Veloci. m	Energía kJ	Rebote m
50%	11,64	272	0,22
75%	17	464	17,16
90%	21,083	637	32,4
95%	24,73	741	41,55
98%	27,98	858	51,82

PERFIL 4

Probab.	Veloci. m	Energía kJ	Rebote m
50%	7,65	10	1,35
75%	9,08	133	2,64
90%	10,36	164	3,8
95%	11,13	183	4,49
98%	11,99	205	5,27



Figura 6. Trabajos verticales realizados por especialistas. Colocación de mallas.

del bulón a la roca viene dada por la fórmula:

$A = 0,25 \times q_{bc}^{1/2}$, expresado en megapascascales, donde q_{bc} es la resistencia a compresión simple de la lechada, al ser ésta más frágil que la roca.

La adherencia será pues:

$$A = 0,25 \times 25^{1/2} = 1,25 \text{ Mpa} = 12,5 \text{ kg/cm}^2$$

La superficie de contacto roca - lechada de cemento para un taladro de 5 cm de diámetro y 3 metros de longitud es:

$$2pr \times l = 2p \times 2,5 \times 300 = 4.712 \text{ cm}^2$$

y la tensión de anclaje en la superficie de contacto será:

$$28.000 \text{ kg/cm}^2 / 4.712 \text{ cm}^2 = 5,94 \text{ kg/cm}^2$$

Así pues, el factor de seguridad del bulbo de anclaje será:

$$FS = 12,5 \text{ kg/cm}^2 / 5,94 \text{ kg/cm}^2 = 2,10.$$

El bulbo de anclaje se diseña de 3 metros de longitud. Los bulones serán de 6 y 8 metros de longitud, con tres

metros de anclaje, 1 a 2 metros de bloque inestable a anclar, y otros 2 a 3 metros para prevenir la posibilidad de que existan localmente inestabilidades mayores, e incidencias en la ejecución.

Desarrollo de las obras en ejecución

Una parte importante del trabajo se desarrolla de forma vertical, es decir, con operarios especialistas en alpinismo o espeleólogos y equipos suspendidos mediante cables y cuerdas en el acantilado.

En esta situación, la seguridad de los trabajadores es la principal componente en el desarrollo de la obra.

Como Dirección de Obra, hemos establecido normas de seguridad estrictas, complementarias del Plan de Seguridad y Salud, en cooperación con el coordinador de seguridad y salud en la obra.

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Evaluación integrada de alternativas

ACTUACION	E	I	C	D	V	O
Gunitado	4	6	4,5	6	4,90	10
Malla	4,5	4,5	3	3	4,05	7
Túnel	5	4,5	6	3	4,85	9
Barrera	5	4,5	4,5	4,5	4,70	8
Muro	4	3	1,5	1,5	2,95	3
Bulones	3	3	3	3	3,00	4
Saneo	4	1,5	1,5	3	2,65	2
Relleno	3	1,5	1,5	3	2,25	1
Hidrosiembra	3	1,5	1,5	3	2,25	1
Plantación	6	1,5	1,5	3	3,45	5
Galería	3	4,5	4,5	4,5	3,90	6

E = Efectividad; I = Impacto Ambiental; C = Coste; D = Dificultad de ejecución de la actuación; V = Valor relativo; O = Orden de recomendación de actuaciones.

Por otra parte, a pesar de que algunos de los usuarios locales no atienden a los carteles de peligro, fuerzan las barreras de seguridad e incluso han llegado a agredir a uno de los especialistas, no se han producido accidentes de consideración.

En ocasiones, favorecido por las lluvias, se ha producido la caída de algún bloque, lo que obliga a aumentar la seguridad y establecer los criterios de organización de la obra que de actuar por este orden: saneo de rocas sueltas, colocación de bulones y/o mallas metálicas, colocación de mallas de triple torsión, gunitado, barreras dinámicas, muros e hidrosiembra. Todas las actuaciones deben realizarse con el principio general de asegurar primero lo que esté a cota más alta y después lo de más abajo.

Actualmente, se ha finalizado el saneo principal y la colocación de mallas. La velocidad del bulonaje se ha incrementado mediante la puesta en obra de nuevos carros de perforación colgantes. Está colocada parte de las barreras dinámicas y de los muros de contención. Próximamente se comenzará el gunitado mimético con el basalto.

La difícil llegada de materiales especiales por motivos de insularidad, la aparición de los enterramientos prehistóricos guanches, las lluvias y los deslizamientos han retrasado las obras, no obstante, se ha podido abrir el paso provisional a la playa en la pasada Semana Santa y esperamos que pueda estar finalizado para el próximo verano.

1^{er} INTERNATIONAL PROFESSIONAL GEOLOGY CONFERENCE



10-12 JULIO, 2000
ALICANTE, ESPAÑA

www.sri.ua.es/congresos/lipge/1IPGC.htm

V CONGRESO GEOLÓGICO DE ESPAÑA



ALICANTE 2000
10-14 JULIO, 2000
ALICANTE, ESPAÑA

www.sri.ua.es/congresos/vcge/VCGE.htm



GENERALITAT
VALENCIANA
CONSELLERIA DE CULTURA,
EDUCACIÓ I CIÈNCIES



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

BANCAJA



Ministerio de Ciencia y Tecnología
Instituto Nacional de Tecnología Agraria y
Alimentaria



Ministerio de Medio Ambiente



Ministerio de Educación y Cultura

Inscripciones:

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España (ICOG)
Avda. Reina Victoria, 8 4º B, 28003 Madrid
Tel.: 34 915532403 Fax: 34 915330343. E-mail: icog@icog.es

Relaciones Internacionales de la Universidad de Alicante.
Campus de San Vicente del Raspeig. Universidad de Alicante. Apartado de Correos 99.
E-03080 Alicante. Tel. 96 5903793 Fax nº 96 5903794 E-mail: cong@sri.ua.es

Túneles de Miravete: geología y geotecnia

Francisco Fernández de la Llave

Geólogo. Diplomado en Ingeniería Geológica (UCM), Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura.

En el presente artículo se presenta el resultado del seguimiento geológico - geotécnico efectuado durante la fase de construcción y resume las características más notables de la ejecución de los Túneles de Miravete (Cáceres). Esta obra de especial relevancia, resuelve el paso de la Sierra del mismo nombre dentro del itinerario de la Autovía de Extremadura. Con su ejecución, se supera de forma plenamente satisfactoria el principal obstáculo natural existente entre Extremadura y la Meseta, constituyendo además una notable mejora en sus comunicaciones.

Características generales de los túneles

Consisten en dos túneles paralelos de 1.141 m de longitud el de la calzada derecha y 1.154 m el de la calzada izquierda, separados 36 metros entre ejes.

El trazado se ajusta a una curva circular de radio 2.400 m y una pendiente longitudinal del 3% en sentido Badajoz.

Cada túnel está diseñado para un tráfico unidireccional con dos carriles de 3,50 m de ancho cada uno; dos arceces de 1 m y dos aceras de 0,8 m.

Geomorfología del emplazamiento

Los túneles están proyectados y construidos para cruzar la "unidad Paleozoica de la Sierra de Miravete". Sus aproximaciones tanto Norte como Sur están en la "Penillanura Precámbrica", recubierta aquí por glaciares y derrubios de ladera.

El elemento principal constructor del relieve lo constituyen las cuarcitas en "Facies Armoricana". Se trata de un relieve invertido (sinclinal colgado) que ronda los 800 metros de altitud y que se eleva unos 300 metros, del territorio circundante.

El túnel tiene una diferencia de cota entre la "boca" de entrada y salida de 36 metros, debido a las diferencias de nivel existentes en la Penillanura a un lado y otro de la Sierra y un recubrimiento máximo de 186 metros en la parte central del túnel.

Geología del trazado de los túneles

Los materiales atravesados en los túneles corresponden exclusivamente al Paleozoico.

Estratigrafía

Se trata de sedimentos terrígenos del Cámbrico y Ordovícico que forman parte del sinclinal de la Sierra de Miravete. Desde el punto de vista litológico son bancos y capas de pizarras, pizarras arenosas y areniscas, de edad Cámbrica; y ortocuarcitas Ordovícicas en "Facies Armoricana" masivas, o con intercalaciones de niveles pizarroso - sericíticos.

Tectónica

El terreno en el que se construyen ambos túneles presenta una estructura

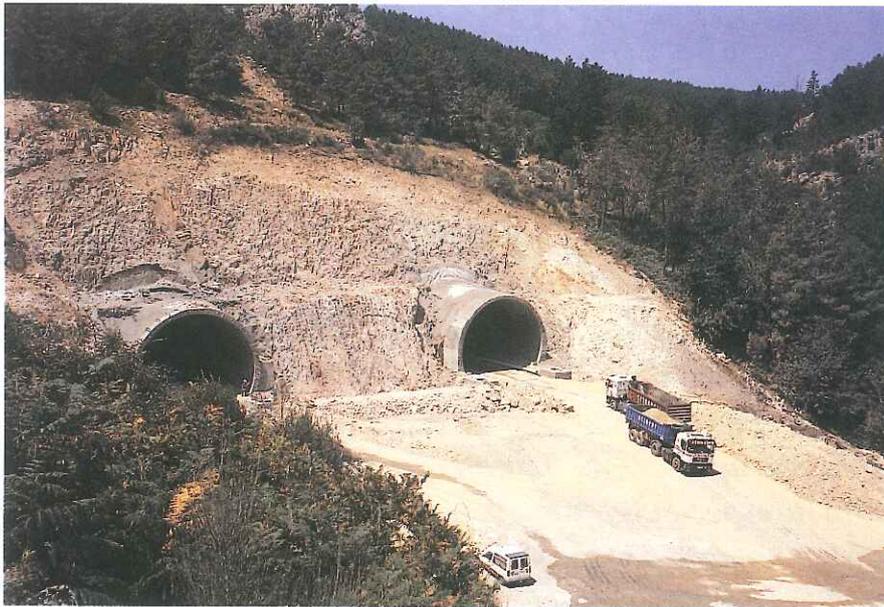


Fig. 1. Emboquille en cuarcitas (zona norte).

geológica de tipo sinclinal que repercute en la disposición estratigráfica y en el grado de fracturación del macizo.

El sinclinal con dirección NW - SE, presenta flancos abiertos que son atravesados casi de forma perpendicular por los túneles. Los estratos presentan orientación NS a N10E/26W hasta el primer tercio de los túneles; en ese punto se produce una inflexión en la disposición estratigráfica que pasa a ser N100E / 20NE en la zona aún de cuarcitas y N150E / 80NE en las pizarras y areniscas cámbricas de la salida Sur.

El comportamiento de los distintos materiales ante esfuerzos tectónicos es desigual; así se observa que la rigidez de las cuarcitas ha favorecido su fracturación con un entramado de diaclasas y pequeñas fallas, detectándose algunos repliegues en puntos aislados de alternancias de pizarras y cuarcitas. Las pizarras y areniscas cámbricas, absorben buena parte de los esfuerzos con deformaciones debido a su ductilidad, presentándose en ellas con frecuencia replegamientos con pliegues apretados que en pocos metros recuperan su disposición estratigráfica normal. En este caso la fracturación por fallas es menor, pero el diaclasado es igualmente representativo.

De la observación de las orientaciones de las diaclasas, en los sucesivos frentes de excavación, se obtienen dos familias dominantes: una coincide prácticamente con la dirección del eje del túnel (N30E / 85SE) y la otra es casi perpendicular a la anterior (N100E / 70NE).

Las fracturas a mayor escala, como son las fallas con relleno, son menos frecuentes. La dirección dominante es N160 - 180E y N100E; suelen presentar relleno (apertura media 1 - 2 m) con mineralización de hierro y brecha o milonita.

Hidrogeología

El comportamiento hidrogeológico del macizo atravesado responde básicamente a los dos tipos de litologías que lo forman.

En la zona de las cuarcitas son frecuentes las humedades y goteos, (muy puntualmente llegan a ser lluvia) que se reparten con desigual intensidad por todo el hueco generado. Coincidiendo con la fracturación a mayor escala y

especialmente en aquella que presenta brechas y rellenos arcillosos es frecuente observar un incremento en la circulación de agua. Por el contrario en el sector excavado en pizarras y areniscas, la presencia de agua es ocasional y localizada, ésta se reduce a la zona de boquilla; a todas luces este tramo del túnel se ha comportado como impermeable y en estado seco.

Cabe destacar el fenómeno de que, en la fase de excavación el agua emergiera en la plataforma, de forma casi continua. Este hecho tiene su explicación, en tanto en cuanto el nivel piezométrico se deprime en la excavación, con el consiguiente desplazamiento de las líneas de corriente a la base de la misma.

Geotecnia del túnel

En este apartado se resumen los resultados geotécnicos obtenidos de los sucesivos levantamientos geológico - geotécnicos, llevados a cabo en cada uno de los avances realizados (ver ejemplo del plano general de seguimiento). Se trataba de asignar a la roca un índice de calidad a partir de la cuantificación de una serie de parámetros utilizados en la clasificación de Bieniawski y de todos aquellos datos que de una manera u otra incidían en el comportamiento geotécnico del macizo o de un punto concreto de éste.

Reconocimiento del macizo rocoso

A efectos de caracterización y clasificación del terreno atravesado partimos del hecho de que las litologías bá-

Clasificación Geomecánica de Bieniawski (RMR)		
1 Resistencia de la roca sana	12	7
2 RQD	17	13
3 Separación entre diaclasas	10	8
4 Estado de las diaclasas	25	20
5 Agua	10	7
Corrección por orientación diaclasas	-12	-10
Valoración RMR	62	45
Clase	II	III
Calidad	Buena	Media

sicas son: Cuarcítica, con algunos niveles de pizarra (Ordovícico), y pizarras arenosas con algunos niveles de cuarcita, (Cámbrico).

Con todo ello y con los cambios en la disposición estratégica, la respuesta de la roca ante los esfuerzos tectónicos (fallas, diaclasas y pliegues) y demás propiedades del macizo, se pudieron definir cuatro comportamientos geotécnicos relacionados con otras tantas situaciones estratigráficas, y que conjugados entre ellos dieron lugar a las distintas secciones de sostenimiento.

Cuarcita masiva

Desde el punto de vista geotécnico esta situación litológica ha sido la más favorable al no incidir apenas en la estabilidad y comportamiento del terreno excavado.

Como ya se ha comentado, la cuarcita masiva, sin apenas juntas de estratificación, o en su caso fuertemente soldadas, no han propiciado despegues de bloques que pudieran dar lugar a lisos de envergadura. A la hora de asignar una calidad de roca según la clasificación de Bieniawski (índice RMR) se han estimado valores que oscilan entre 45 y 62 Clase III Calidad buena - media.

Estos valores corresponden a levantamientos geológicos - geotécnicos efectuados en sucesivos frentes en los que la cuarcita aparecía de forma masiva, hemos de reseñar que la tónica dominante ha sido la presencia de intercalaciones de pizarra que han influido notablemente en el comportamiento de la roca y que describimos a continuación.

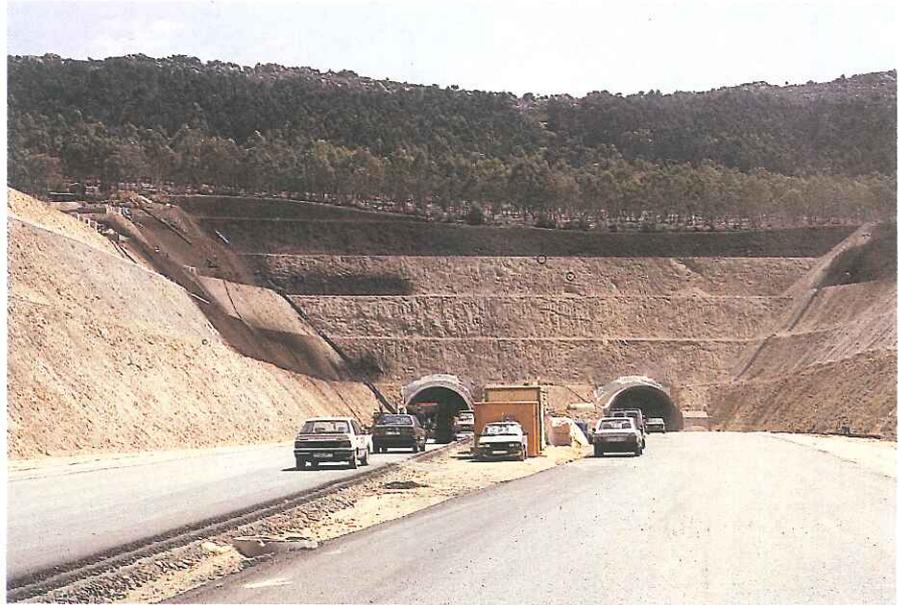


Fig. 2. Emboquille en areniscas y pizarras (zona sur).

Cuarcitas con niveles de pizarras

La presencia de niveles pizarrosos en los 750 metros excavados en roca cuarcítica, ha sido una constante, con repercusión en la calidad de roca y excavación.

La caracterización geotécnica de este tipo de terreno, cuya referencia está en el perfil geológico de los túneles, da valores que oscilan entre 41 y 60 Clase III Calidad media.

Relleno en fracturas

La presencia de fracturas con relleno arenoso - arcilloso ha sido puntual y de escasa repercusión. Las fallas atravesadas han coincidido en cuarci-

tas y las zonas afectadas no han superado los 3 - 4 metros de potencia.

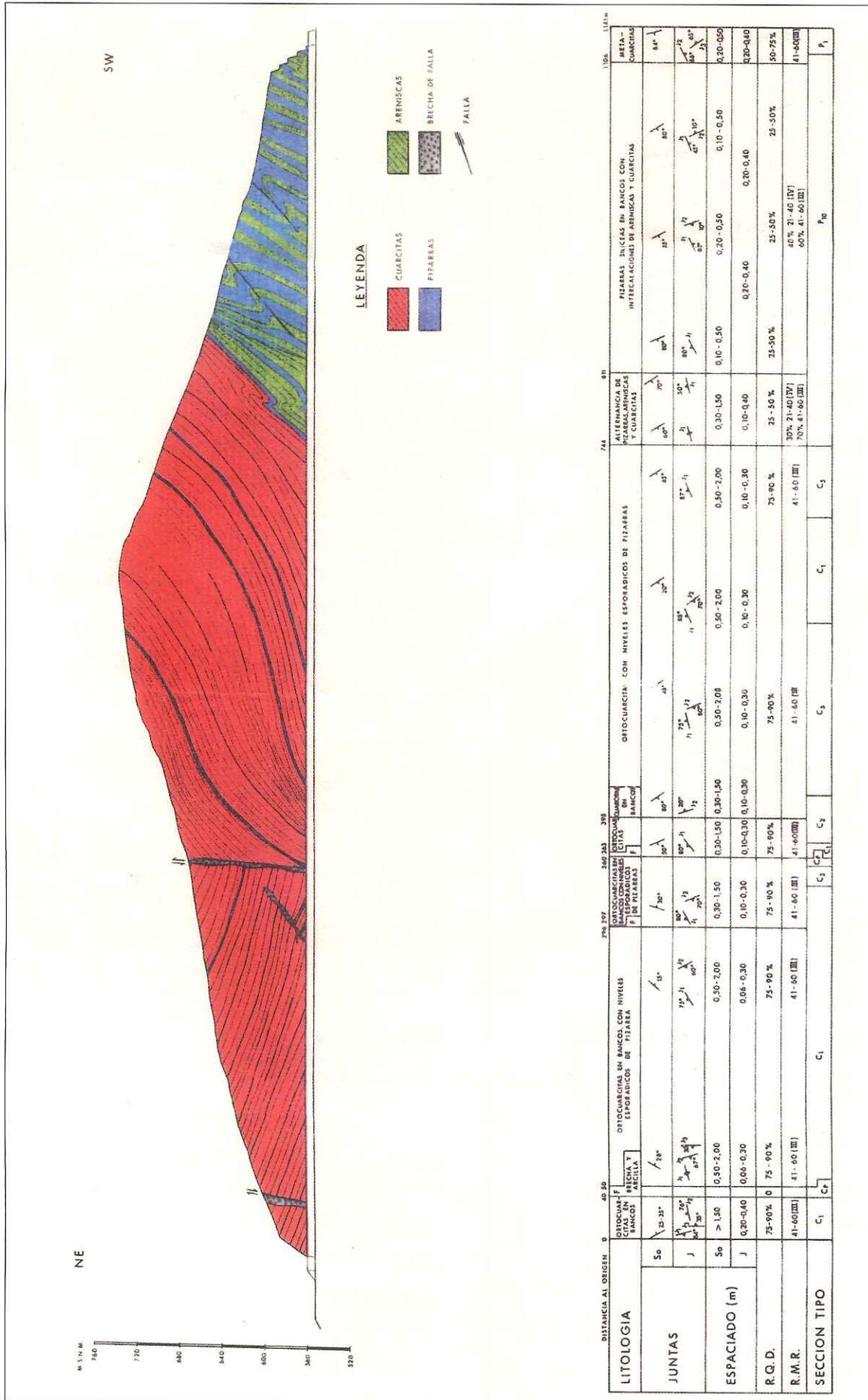
En general, estas zonas con alto potencial de inestabilidad han precisado de un rápido y efectivo tratamiento de sostenimiento, no tanto por la envergadura de las incidencias registradas, sino por la evolución incierta de los procesos desestabilizadores y por la conjunción de una serie de factores, con repercusión negativa, que tendían a acelerarlos.

Pizarras, areniscas y cuarcitas

Litológicamente las pizarras y areniscas presentan buen empaquetamiento, el grado de pizarrosidad es bajo a medio, no influyendo en este caso en la estabilidad. Como factor más favorable a la respuesta de la roca, frente a la voladura y posterior permanencia sobre hueco, hay que mencionar la inexistencia de agua, lo que supone una notable mejora en la calidad de la roca (con la humectación se ha observado cómo la pizarra se disgrega a arcilla pasando a ser notablemente inestable), conservando los sedimentos un bajo grado de alteración y un buen nivel de compacidad.

De la caracterización geotécnica para este terreno, en base a la clasificación geomecánica de Bieniawski, se obtiene un índice de calidad de roca mala - media, Clase IV - III con valores de RMR entre 34 y 51. Considerando una serie de posibles combina-

Clasificación Geomecánica de Bieniawski (RMR)		
1 Resistencia de la roca sana	12	7
2 RQD	17	13
3 Separación entre diaclasas	10	8
4 Estado de las diaclasas	20	10
5 Agua	10	7
Corrección por orientación diaclasas	-10	-5
Valoración RMR	59	40
Clase	III	
Calidad	Media	



Perfil geológico-geotécnico: Perfil geológico con la "guitarra" geotécnica y las secciones tipo de sostenimiento.

Clasificación Geomecánica de Bieniawski (RMR)		
1 Resistencia de la roca sana	7	4
2 RQD	4	2
3 Separación entre diaclasas	10	8
4 Estado de las diaclasas	20	10
5 Agua	15	15
Corrección por orientación diaclasas	-5	-5
Valoración RMR	51	34
Clase	III	IV
Calidad	Media 60%	Mala 40%

ciones de los parámetros que inciden en dicha clasificación, la distribución en porcentajes de un tipo de calidad de roca podríamos establecerla en 60% para media y 40% para mala.

Proceso constructivo

Para la construcción de ambos túneles se habilitaron sendos desmontes de acceso situados en los extremos (boca norte y boca sur). En ellos se situaron los espacios para instalaciones, maquinaria y toda la infraestructura necesaria para las diferentes fases de ejecución de la obra.

Excavación

Las labores subterráneas de excavación se han efectuado desde los extremos de los túneles (boca norte y sur) con frentes de ataque al encuentro en una zona intermedia del túnel.

La excavación inicial se ha efectuado en fase de media destroza, avance o calota. En una fase posterior se ha llevado a cabo la destroza igualmente desde extremos, finalizándose la excavación una vez completada la sección teórica de los túneles. A continuación se describe un esquema "típico" de tiro en avance de cuarcitas.

Desde el punto de vista del volumen

ESQUEMA DE TIRO (AVANCE EN CUARCITAS)

Tipo de Barrenos	Cantidad de Barrenos	Cartuchos Goma 2EC ϕ 26	Cartuchos Goma 2EC ϕ 32	Cartuchos Goma 2EC ϕ 40	Total de explosivos Kg	Avance medio : 3,8m Vol. de roca : 195,7m ³ Carga específica : 1,47 kg/m ³ Detonadores de alta insensibilidad Microrretardo de 30ms. en cuele y contracuele con los nº 1-8 Retardo de 500ms. en el resto de la voladura: 104 retardos Cordón detonante : 12g/m Perforación ϕ : 48mm.
Recorte	39	39x5	39x2		46,02	
Zapateras	15		15x16		51,60	
Destroza	42		42x12	42x3	161,28	
Cuele	4		4x12	4x3	15,36	
Contracuel	4		4x12	4x3	15,36	
Total	104	195	918	150	289,62	

Long. excavada en Túnel calzada derecha 1,141 m	Long. excavada en Túnel calzada izquierda 1,154 m	Long. total ambos Túneles 2,295 m
Sup. De la sección de avance 51,5 m ²	Sup. de la sección de destroza 40,5 m ²	Sup. de la sección completa 92 m ²

Volúmenes totales de roca

	Avance	Destroza	Sección Completa
Volumen de roca extraído en Túnel calzada derecha	58.761,5 m ³	46.210,5 m ³	104.972 m ³
Volumen de roca extraído en Túnel calzada izquierda	59.431 m ³	46.737 m ³	106.168 m ³
TOTALES	118.192,5 m³	92.947,5 m³	211.140 m³

teórico de roca manejado, los cuadros adjuntos resumen los datos más relevantes para la obtención de la cantidad de material generado en la excavación.

Sostenimiento

En este apartado se describen las actuaciones encaminadas a conseguir y garantizar la estabilidad del terreno de excavación.

Tratamiento del terreno de emboquille

Las operaciones llevadas a cabo consistieron en la realización de 3 coronas concéntricas espaciadas entre sí 1 m en las que, mediante la inserción de elementos metálicos, se sostenía el terreno en el contorno externo de la sección del túnel.

Con posterioridad a la estabilización de la zona de emboquille se construyó un falso túnel que protege los accesos a éste y evita la caída de fragmentos de roca que pudieran provenir de los desmontes frontales y laterales.

Secciones tipo de sostenimiento empleadas

El proyecto inicial establecía diversos tipos de sostenimiento, de acuerdo con los criterios del Nuevo Método Austríaco para Túneles (N.A.T.M.). Los datos aportados por el seguimiento geológico - geotécnico de la excavación y en especial los suministrados por la auscultación del túnel, han definido exactamente las variaciones a efectuar en los tipos previstos, si bien estas variaciones han sido mínimas y en muchos casos no han existido.

Drenaje

Dos son los aspectos básicos que se contemplaron con este tratamiento: por un lado la recogida de agua de los distintos puntos de procedencia y por otro su evacuación al exterior.

Drenaje del contorno del túnel

El dispositivo empleado consiste en una lámina impermeable de polietileno

SECCIONES TIPO Y SOSTENIMIENTO RESPECTIVO

	Litología	RMR	Capa de sellado	Capa de refuerzo	Bulón 4m ϕ 25mm	Cerchas TH-21	Otros
Sección tipo C1	Cuarcitas con interc. Piz.	40-50	3cm	5cm	Malla 2x2	-----	-----
Sección tipo C2	Cuarcitas masivas	50-65	3cm	3cm	Ocasional	-----	-----
C3	Zona de falla en Cuarcitas	Nulo	3cm	12cm	Aleatorio	Cada 0,5m	IPN-180 Chapa Bernold
Cp	Zonas de falla	Nulo	3cm	10cm	1,5x1,5	Cada 1,5m	IPN-180 Chapa Bernold
P1	Pizarras	<30	3cm	10cm	1,5x1,5	Cada 1,5m	-----
P2	Pizarras de emboquille	Muy bajo	3cm	10cm	1,5x1,5	HEB-160 Cada 1,5m	-----
P-10	Pizarras y Areniscas	30-50	3cm	10cm	2x2	-----	-----

Capa de sellado : Hormigón proyectado

Capa de refuerzo: Hormigón proyectado con 35kg/m3 de fibra metálica

leno expandido unido a una rafia de refuerzo que con un espesor total de 6 mm., se colocaba entre la pared y el revestimiento adaptándose a las irregularidades del terreno.

Su puesta en obra se realizó en tres tiras sucesivas que se fijaban a la pared (gunita - roca) mediante grapas; el solape de cada una de ellas se llevó a cabo mediante termofusión.

Drenaje de la plataforma

El tratamiento de los puntos con-

flictivos de la calzada se llevó a cabo mediante tubos de drenaje PVC Ø110 colocados transversalmente a la calzada. Además de estos tubos, colocados a intervalos de 37,5 m, se instaló sobre ellos una capa drenante de zahorra con 15 cm de espesor que por su permeabilidad posibilita la circulación de aquellas aguas emergentes, que podrían debilitar las capas de firmes.

Este dispositivo de evacuación de agua se complementa en ambos túneles con dos tubos colectores ubicados bajo el borde del acerado y que discurren paralelos a éste a lo largo de todo él.



Fig. 3. Inicio de la excavación del túnel.

Revestimiento

Se ha adoptado un revestimiento definitivo de hormigón en masa encofrado, de 25 cm de espesor que se coloca en todo el perímetro de excavación, bien en contacto con la lámina de impermeabilización o en su caso con el sostenimiento y actuando como terminación definitiva del túnel para la fase de explotación.

Control y seguimiento

Durante el período de construcción de los túneles se ha realizado una supervisión y control a pie de obra por un equipo de técnicos, tanto de la Asistencia Técnica a la Dirección de Obra como de la propia Dirección de Obra.

La metodología y sistema de actuación ha consistido en la toma de datos correspondientes tanto a una supervisión visual, como a la realización de medidas, ensayos y auscultaciones de los distintos elementos de la obra.

El conjunto de la actividad de supervisión y control durante la construcción se puede dividir en los grupos siguientes:

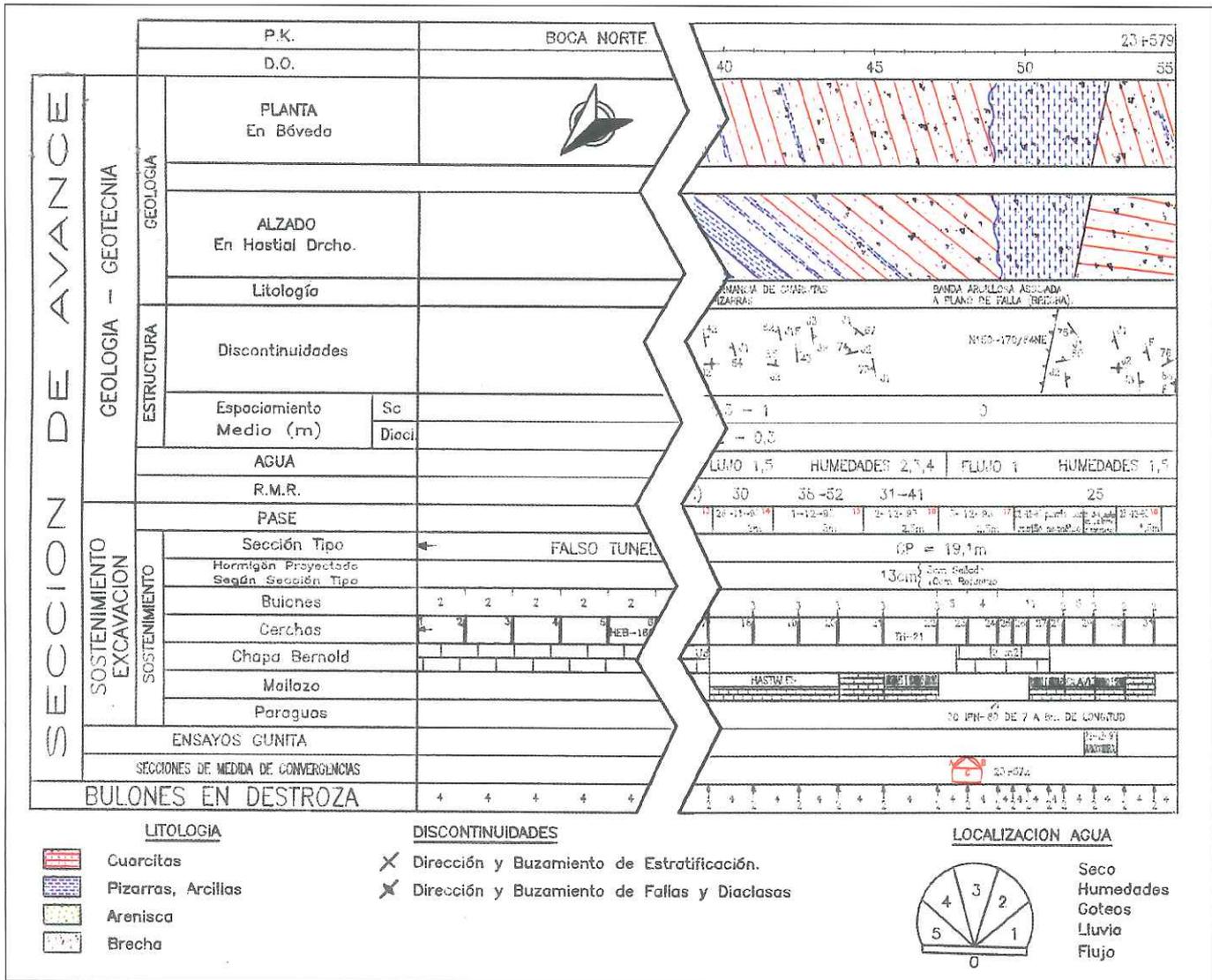
- Terrenos atravesados y comportamiento geotécnico de la excavación.
- Procesos constructivos, contemplando especialmente la excavación, sostenimiento y revestimiento.
- Calidad de los elementos que constituyen cada fase de obra y realización de los ensayos de control pertinentes.

Control y seguimiento de los terrenos atravesados y comportamiento geotécnico de la excavación

La toma de datos ha consistido en el levantamiento geológico del frente de excavación con carácter sistemático, de forma diaria y con el único condicionante de la situación que pudiera presentar dicho frente para tal observación.

En total se han realizado 367 levantamientos y otros tantos reconocimientos visuales de los frentes posibles. Básicamente los datos recogidos en cada uno de ellos fueron los siguientes:

- Identificación del frente, boca, fecha y punto kilométrico donde se efectúa el levantamiento.



Encabezamiento del modelo de plano general de seguimiento: Representación de los elementos geotectónicos y de construcción a lo largo de los túneles.

- Secciones de auscultación existentes en el entorno del mismo.
- Litología de los terrenos existentes.
- Representación esquemática en cada levantamiento de la disposición de los terrenos y de los accidentes geológicos y discontinuidades observadas en el frente.
- Toma de datos sobre la presencia de agua en la excavación.
- Con los datos obtenidos en cada levantamiento se estableció el índice de calidad del macizo rocoso, utilizando para ello al menos la Clasificación Geomecánica de Bieniawski (Índice RMR).

Hacemos aquí mención especial a las secciones de auscultación, ya que dadas las excepcionales características y comportamiento de los terrenos atravesados no se ha considerado ne-



Fig. 4. Carro marcador de gálibo.



Fig. 5. Revestimiento de hormigón con carro de encofrado.



Fig. 6. Colocación de "embellecedor" en las boquillas.

cesario implantar otro tipo de controles que las secciones de medida de convergencia. Con ellas se han medido las deformaciones en el parámetro del sostenimiento de la sección excavada.

La separación entre secciones, salvo en zonas de falla, ha sido en un principio de 50 metros para terrenos cuarcíticos y de 25 para la litología pizarrosa, si bien el comportamiento observado en el terreno posibilitó un mayor espaciado en los últimos compases de la excavación. Las lecturas de medida en cada sección comenzaron siendo diarias y con posterioridad fueron a 2 ó 3 días y semanales.

Del tratamiento y análisis de los datos resultantes se obtuvieron gráficos de deformación - tiempo representativos de las secciones instaladas, registrándose un máximo de deformación de 4,8 mm, lo que puede ser indicativo del buen comportamiento geotécnico del túnel.

Procesos constructivos y unidades de obra

Los aspectos contemplados en este apartado han sido los siguientes: Control geométrico. Control de procesos de ejecución. Control de unidades ejecutadas.

Dentro del segundo y tercer grupo se han contemplado básicamente los siguientes aspectos:

- Relativos a la excavación, tales como longitudinales y número de pases de avance, fecha y hora de voladura, rendimientos.
- Relativos al sostenimiento, distribución y cuantía de elementos colocados a lo largo del túnel, del proceso seguido para su instalación, verificando la correcta y segura ubicación de los mismos. Rendimientos.
- Relativo al revestimiento, control de ejecución de las distintas fases previas al proceso de revestimiento (zapatas, impermeabilización, carro de gálibo, etc.) y del propio revestimiento (cubicación, acabado, rendimientos, etc.).

Conclusiones

La mayoría de los problemas que se presentan en la construcción de túneles suele ser de índole geológico. Esto se podría solventar con el adecuado estudio geológico-geotécnico en la fase de proyecto. Sin embargo, bien por falta de tiempo o de presupuesto y otras veces por problemas de accesibilidad, estos estudios no aportan la suficiente información. Es en estos casos cuando se hace aún más necesario (en todos los casos lo es) el control y seguimiento geológico-geotécnico de las obras subterráneas, ya que la toma acertada de decisiones en cada avance repercute de forma extraordinaria en la calidad y economía de dichas obras.

Referencias bibliográficas

Fernández de la Llave F.; San Dimas Fernández L.F. (1995): Memoria constructiva de los túneles de Miravete.

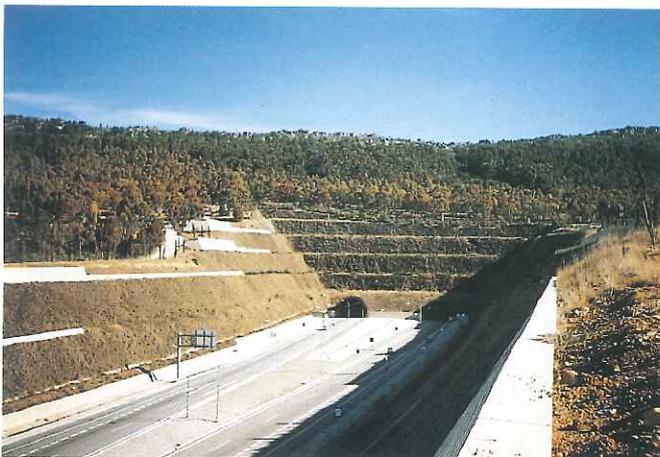


Fig. 7. Tratamiento estético en la boca sur.

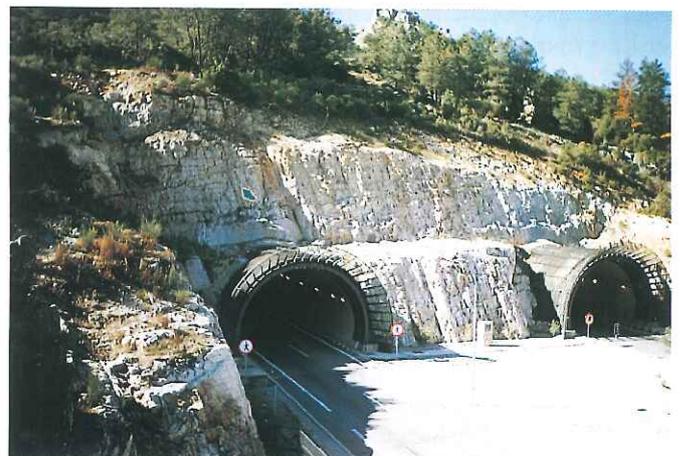


Fig. 8. Tratamiento estético en la boca norte.



COLEGIADO

INTERNET

PROFESIONAL

Solicita en tu Colegio una
Conexión gratuita así como
una cuenta de correo
electrónico

Colegio Oficial de Geólogos de España

Teléfono: 915 532 403

Fax: 915 330 343

E-mail: icog@icog.es

recol 



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
DE MADRID



Ingeniero Geólogo

Facultad de Ciencias Geológicas



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

La **Universidad Complutense de Madrid**, fundada hace 700 años, es uno de los centros más antiguos y prestigiosos de Europa. Es una Universidad centenaria con proyección de futuro.

Detaca entre otros aspectos por la gran diversidad de enseñanzas impartidas. La oferta docente de la U.C.M. es una de las más completas de Europa y abarca un extenso abanico de especialidades. Se imparten 70 titulaciones oficiales, 37 licenciaturas de primer y segundo ciclo, 22 diplomaturas y 11 licenciaturas de segundo ciclo. Estas titulaciones se imparten en 19 Facultades, 1 Escuela Técnica Superior y 6 Escuelas Universitarias. Asimismo destaca la gran profesionalidad y prestigio de su profesorado, avalado por la importante labor investigadora desarrollada.

INGENIERO GEÓLOGO

La titulación oficial de Ingeniero Geólogo fue aprobada en el año 1999 (R.D. 666/99, BOE 7/5/99). El Plan de Estudios está pendiente de la aprobación correspondiente del Consejo de Universidades y de la Comunidad Autónoma de Madrid. El objetivo de la UCM es que la titulación comience a impartirse en Octubre de 2000.

FORMACIÓN Y SALIDAS PROFESIONALES

El título de Ingeniero Geólogo proporciona los conocimientos teóricos y prácticos que preparan el titulado para la dirección y gestión de proyectos en los diferentes campos aplicados de la Geología, tales como:

- Ingeniería Civil
- Recursos naturales: energéticos, hídricos, minerales...
- Riesgos y catástrofes naturales.

ESTRUCTURA Y DURACIÓN

Los 314 créditos de la titulación se estructuran en dos ciclos de 3 y 2 cursos, respectivamente.

PLAN DE ESTUDIOS

Primer Curso

Cálculo Vectorial
Cristalografía y mineralogía
Expresión Gráfica y Topografía
Física I
Física II
Fundamentos Químicos de la Ingeniería
Geomorfología
Matemáticas I
Mineralogía

Segundo Curso

Dinámica Global, Geología Estructural y Geomorfología
Estratigrafía Genética
Estratigrafía y Paleontología
Hidráulica
Matemáticas II
Mecánica de Medios Continuos
Mineralogía Aplicada
Paleontología Estratigráfica
Petrología
Tectónica

Tercer Curso

Aplicaciones Informáticas en Geología
Aplicaciones Técnicas de la Paleontología
Cartografía Geológica
Fundamentos de Ciencia y Tecnología de los Materiales
Materiales Naturales de Construcción
Petrología Ignea
Petrología Metamórfica
Riesgos geológicos
Sondeos
Teoría de Estructuras

Cuarto Curso

Análisis Numérico
Geofísica Aplicada y Prospección Geoquímica
Hidrología
Mecánica de Rocas
Mecánica de Suelos
Recursos Minerales y Energéticos
Sismología e Ingeniería Sísmica
Técnicas Cartográficas

Quinto Curso

Economía, Organización y Gestión de Empresas
Exploración y Evaluación de Recursos
Geología Aplicada a la Ingeniería
Ingeniería Geológico-Ambiental
Proyectos
Técnicas constructivas en Ingeniería Geológica

Asignaturas Optativas de Segundo Ciclo

Control Geológico-Geotécnico y Seguimiento de Obras
Dinámica de Costas
Explotación y Restauración de Obras Mineras
Normativa y Legislación Geológica
Técnicas de Identificación Mineral
Técnicas Micropaleontológicas en Sondeos - Voladuras

Prácticas de campo

Gran parte de las asignaturas realizan prácticas de campo de uno o varios días de duración

Créditos de Equivalencia

El alumno podrá optar por la adquisición de un máximo de 9 créditos realizando Prácticas de Empresas, Instituciones Públicas o Privadas, o Trabajos académicamente dirigidos e integrados en el Plan de Estudios. Estos créditos se incluyen dentro del capítulo de materias optativas.

Estudios geológicos y geotécnicos como base para tratamiento de taludes

Marta Asensi García-Hernán

Geóloga. Especialista en geotecnia. IV Master Ingeniería Geológica, (Universidad Complutense de Madrid), trabaja como Jefe de Área de Mecánica de Suelos y Geotecnia en IGETEC.

Se analizan los métodos científico-técnicos de estudios geológicos-geotécnicos en trabajos verticales con grado alto de peligrosidad laboral, planificación y organización del método de trabajo. Finalmente se expone un ejemplo práctico en un estudio de estabilización con el fin de reconstruir dos molinos árabes (s. XIII) en el acantilado lateral en Banyalbufar, Mallorca (Dirección General de Costas).

El riesgo de inestabilidad que acompaña normalmente a las laderas naturales y taludes con elevadas pendientes, induce a realizar estudios detallados del comportamiento de los macizos rocosos que lo forman en zonas donde dicho riesgo afecta en mayor o menor medida a las actividades humanas, bienes, propiedades o infraestructuras.

Acciones como la estabilización de los taludes, mantenimiento, refuerzo o control de los desprendimientos entre otras, implican la necesidad de realizar una caracterización del macizo desde el punto de vista geotécnico, que conlleva el reconocimiento de las litologías, su estructura, orientación y formas geomorfológicas a que dan lugar; características reológicas de dichos materiales y los factores que pueden influir en la estabilidad.

El tipo de reconocimiento adecuado para cada una de las situaciones varía y es necesario realizar una planificación de los métodos y técnicas a emplear, en los que la relación beneficio/ coste del tipo de reconocimiento favorece en gran medida al reconocimiento geológico inicial.

Tanto más cuando las zonas presenten dificultad de accesibilidad y estabilidad para maquinaria, extracción de muestras para laboratorio u ensayos in situ.

En zonas de laderas, taludes y

acantilados con inclinaciones mayores a 60°, el principal método empleado es el de reconocimiento directo, con obtención y medida de datos de los factores que afectan a la estabilidad de los macizos rocosos agrupados para su posterior análisis en lo que se denominan "Estaciones Geomecánicas".

Estaciones geomecánicas

Consisten principalmente en establecer el tipo de materiales, estructura, formas que adoptan, discontinuidades y su interrelación. A partir de las cuales se determina mediante la caracterización y clasificación reológicas, el posible comportamiento del macizo rocoso.

Por todo ello, el geólogo es el técnico adecuado para definir los procesos geológicos-geotécnicos que afectan a estas áreas y caracterizar el macizo rocoso rigurosamente, mediante:

- La identificación y descripción de las litologías, la estratigrafía y la geomorfología.

- Determinar tipo y magnitud de las discontinuidades y medir su orientación adecuadamente, así como los datos que las definen (espaciado, apertura, continuidad, buzamientos...).

- Establecer las correlaciones adecuadas e identificar posibles mecanismos de rotura (vuelco, desprendimiento, deslizamiento...) existentes en el macizo.



Figura 1.-Vista acantilado de la Cala de Banyalbufar (Mallorca), donde se sitúan los molinos árabes.

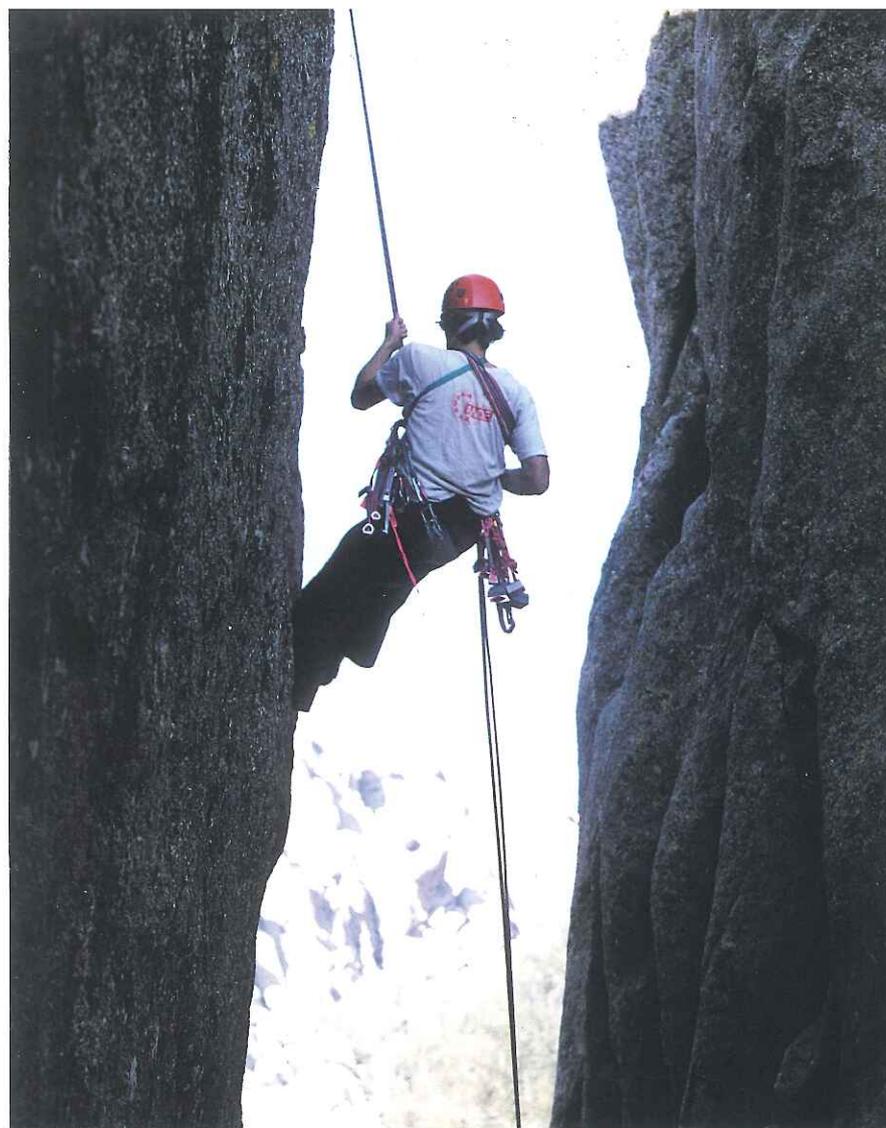


Figura 2.-Técnicas de escalada, trabajos verticales.

- Analizar los factores que afectan al talud y su degradabilidad, erosión, meteorización, niveles freáticos, riegos, vibraciones...

- Obtener muestreos y realizar ensayos: Carga puntual, Ensayo Smith...

El análisis posterior de estos datos, junto posibles ensayos de apoyo permitirán establecer:

- Resistencia del macizo rocoso en su conjunto teniendo en cuenta el factor escala.

- Parámetros geotécnicos que caracterizan su comportamiento, cohesión (C.), fricción (ϕ), módulos de elasticidad (ν),...

- Calidad de la roca y macizo en su conjunto, con una nomenclatura geotécnica que permita unificar criterios para el diseño y cálculo de las medidas correctivas: Clasificaciones RMR, GSI, SMR...

- Mecanismos de rotura más favorables y localización de discontinuidades que lo favorecen en función de la orientación del talud.

Condiciones de trabajo

La ejecución de los trabajos en zonas escarpadas (pendientes mayores de 50°) suele realizarse mediante «Rappeles», Descuelges y Ascensiones, utilizando las cuerdas y equipos de escalada.

Muchos de nosotros hemos empleado estas técnicas en nuestro tiempo libre en actividades de espeleología, escalada o alpinismo y reconocemos el riesgo que conlleva, así como las medidas de seguridad que se deben tomar para realizar estas actividades: material en perfectas condiciones, arneses de pecho, casco, seguros, etc. y nunca olvidar dónde estás anclado y de qué modo.

La medida y el levantamiento de «Estaciones geomecánicas» en taludes es una actividad técnico-científica y laboral, y como tal, en el análisis y evaluación de riesgo laboral, teniendo en cuenta consecuencias, grado de exposición, probabilidad de accidente, se clasifican como **actividad laboral con grado de peligrosidad alto**, cuyo principal riesgo además del desarrollo de actividad en zonas peligrosas, es el riesgo ergonómico debido a factores ambientales, relación hombre-mecanismo (seguridad), fatiga física o psíquica y factores físicos (posturas y tareas).

Existe la responsabilidad según la Ley de Prevención de Riesgos



Figura 3.-Situación del talud donde se sitúan los molinos. Detalle inestabilidad: desprendimiento de bloques, cuevas, desplomes...

Laborales, de que la planificación del trabajo, dado el riesgo que implica, deba someterse a un análisis riguroso, donde se tenga en cuenta en todo momento las dificultades que el trabajo en sí conlleva y se tomen las medidas pertinentes para la prevención de accidentes laborales y para la buena ejecución de los trabajos.

Las dificultades a las que nos referimos a la hora de la planificación, afectan tanto a la seguridad como al

desarrollo del trabajo en sí, consisten principalmente:

- Riesgo natural de desprendimientos, deslizamientos, caída de bloques.
- Climatología adversa: vientos, mareas, precipitaciones, temperatura...
- Topografía: importantes son las zonas extraplomadas, cuevas...
- Dificultades de accesibilidad del personal: anclajes, cuerdas, seguros.
- Falta de visibilidad del conjunto desde el punto de medida.
- Espacio restringido de equipamiento y movilidad.

Organización y métodos de trabajo

- Estado del material, (roces en cuerdas), sistemas de anclaje, seguros y ascendedores, poleas y triángulos de fuerza.
- Factor tiempo de fatiga en condiciones ergonómicas adversas.
- Instrumental y método de medida.

Estado físico de la persona que ejecute el trabajo

- Cansancio físico y psíquico, condiciones de fatiga ergonómica por las condiciones y métodos empleados.
- Los datos obtenidos reflejarán en gran medida todas estas dificultades, por lo que es importante conocerlas y

tenerlas en cuenta a la hora del análisis e interpretación de datos, donde el conocimiento de la geología cobra vital importancia.

Acantilado oeste de la bahía de Banyalbufar (Mallorca)

Un ejemplo del desarrollo de esta actividad, se realizó para el proyecto de viabilidad para la restauración y recuperación de los Molinos Árabes del siglo XIII situados en el acantilado oeste de la Cala de Banyalbufar (Mallorca), dentro del "Programa de mejora, conservación y protección de ecosistemas costeros, playas, dunas y acantilados del litoral, realizado por la Dirección General de Costas (Ministerio de Medio Ambiente).

Para lo cual se necesitó un reconocimiento Geológico-Geotécnico del macizo rocoso donde se apoyan las estructuras y tipo de cimentación, con objeto de estudiar las condiciones de estabilidad y protección del acantilado, capacidad portante de la base de apoyo de las estructuras y la evaluación de viabilidad para reconducir y canalizar las aguas de regadío desde la zona denominada "la ducha".

Estas edificaciones actualmente en ruinas se hallan construidas con "mampostería típica balear" en el talud Suroeste, y nos permite admirar el sistema ingenieril árabe del siglo XIII, consis-



Figura 4.-Cueva donde se midió la fracturación: afecta a la base del talud.

tente en la recogida de agua por acequias de regadío, para utilizar la energía potencial de caída del agua en los acantilados. El caso de los Molinos de Banyalbufar se muestra como atípico, dentro de las pocas muestras que quedan de molinos de agua con esta morfología, en cuanto que se encuentran constituidos por dos edificaciones consecutivas donde las dimensiones y los volúmenes juegan una admirable baza, para el aprovechamiento de toda la energía.

El estudio necesitaba el levantamiento de estaciones geomecánicas en el acantilado así como la evaluación de condiciones de cimentación de las estructuras, lo cual presentaba las dificultades descritas anteriormente al encontrarse con unas edificaciones apoyadas en una topografía muy vertical, donde confluyen una serie de factores como son:

- Procesos de ladera importantes: desprendimientos de roca y disgregación del talud.

- Escasa accesibilidad visual desde la base del talud, salvo por mar, que complican la toma de datos y mediciones, por la dificultad de ubicación espacial.

- Existencia de extraplomos, que dificultan el acercamiento a la pared para las mediciones y aumentan el roce de las cuerdas.

- Existencia de cuevas, y cuevas marinas en la base del talud, con gran influencia de la variación de la marea.

- Variación de zona de rompiente, viento y precipitaciones.

Para la planificación y realización de los trabajos, hubo que contar con un equipo de protección y seguridad trabajo adecuado cuerdas, arneses de pecho, protección de cuerda en zonas, seguros y ascendedores de cuerda, casco, guantes, bañador, mochilas estancas.

Los anclajes se realizaron en la zona superior del talud, en las Calca-renitas, caracterizadas como de buena calidad (SMR ^a 86).

Para la identificación y medida de características geológica-geotécnica, fue necesario, martillo, brújula, metro, alfiler, transmisor, GPS, y dadas la necesidad de restringir instrumental (lápices, papel...) se utilizaron cámara de fotos y grabadora, siguiendo ábacos y estadillos estándar.

Conclusiones

Los procesos Geológicos-geotécnicos que afectan a zonas de topogra-

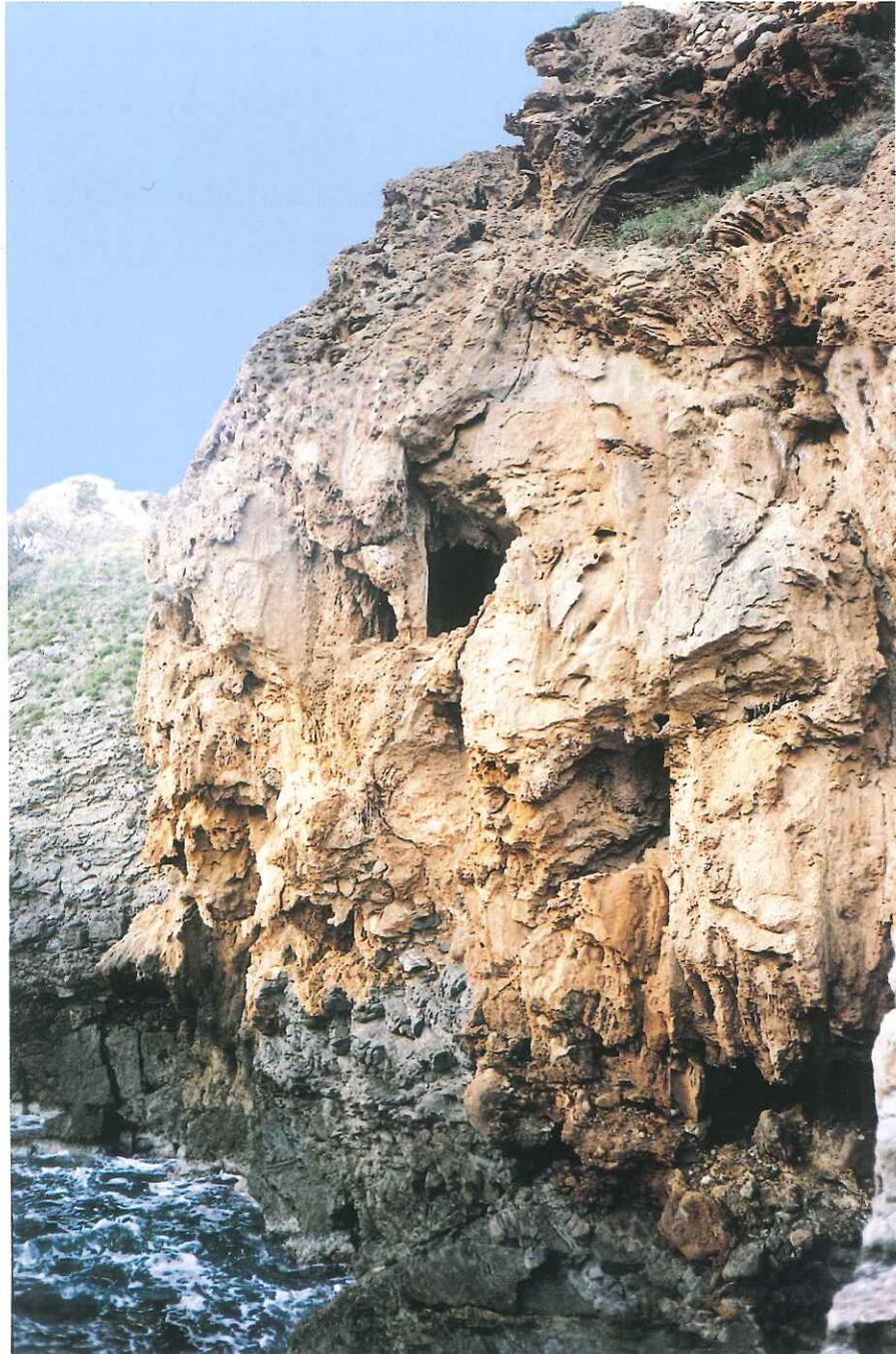


Figura 6.-Depósitos tobáceos muy heterogéneos, que afectan a la cimentación de los molinos: presentan un alto grado de fracturación, porosidad, cuevas...).

fías escarpadas, como son los acantilados, desfiladeros, taludes, investigadas mediante “estaciones geomecánicas” han de ser realizados por geólogos con una metodología de trabajo y actuación rigurosa.

Son zonas donde normalmente se actúa con técnicas especializadas, con un alto grado de peligrosidad y exposición como son los trabajos “verticales”; y por lo tanto, es vital priorizar las medidas preventivas, evaluando en to-

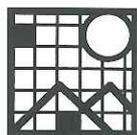
do momento las condiciones de trabajo (ya de por sí peligrosas), la organización y los métodos empleados, así como la salud y estado del personal que realiza el trabajo.

Agradecimientos: A D. Angel Cocero de la empresa TRACSATEC y a D. Oswaldo García-Hernán, Consejero Técnico de la Dirección General de Costas del M^o de Medio Ambiente.

BESLAND, S. A. CONSULTORES

- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- IMPACTO AMBIENTAL Y RESTAURACIÓN DEL MEDIO NATURAL
- RIESGOS NATURALES
- ASESORÍA GEOTÉCNICA Y MEDIOAMBIENTAL EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, FERROCARRILES Y EDIFICACIÓN

Espronceda, 19 28003 MADRID
Tels.: 91 554 36 40 - 91 554 58 25 • Fax: 91 554 24 62
Email: besland@nexo.es



GEONATURA

CIENCIAS DE LA TIERRA



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

Brújulas, altímetros, 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

Apuntes históricos sobre la minería y la metalurgia antigua del sureste peninsular. III

Manuel Rolandi Sánchez-Solís

Geólogo y diplomado en Hidrogeología. Director del Departamento de Hidrogeología de EPTISA.

Desde los primeros asentamientos comerciales fenicios al período mastieno. (II y I Milenio a.C.)

Con la llegada de los fenicios a las costas de la Península Ibérica a través de la denominada “ruta del Sur”, se desarrolla una etapa de florecimiento y de auge en la minería y la metalurgia del sureste peninsular, en el que destacan las explotaciones de los *Cabezos Rajado y Agudo* y de la *Cuesta de Las Lajas*, próximos a la antigua ciudad de *Mastia* (Cartagena) y a la legendaria “*Ciudad del Plomo*” (Portmán).

Una buena parte del mérito de este período de apogeo, se debió al minero *mastieno Aletes* o *Aleto* y a su descubrimiento de la manera de beneficiar las galenas argentíferas mediante el método de la copelación.

Los primeros comerciantes fenicios en las costas peninsulares

Ya desde el III^{er} milenio a.C. se detecta arqueológicamente en las costas del sureste peninsular la presencia de marinos y comerciantes *fenicios* y de sus primeros contactos con los pueblos de la *Cultura Megalítica* y, más tarde, con los de *El Algar*, como así lo confirman los restos de sus primeros asentamientos en *Cueva de Almanzora de Fuente Alamo* y en la *Sierra de la Unión*.

Estos pueblos *semitas-fenicios* y del mar, que provenían de la franja costera del actual Líbano y de otras zonas del litoral oriental del Mediterráneo, habían alcanzado ya por aquella época un importante grado de desarrollo y, lógicamente, necesitaban de un mayor número de materias primas para poder seguir elaborando sus productos. La escasez, e incluso el agotamiento de determinadas materias primas en sus territorios de origen, los lanzó a una

búsqueda continua de ellas a lo largo y a lo ancho de toda la costa Mediterránea, lo cual trajo consigo un sorprendente y rápido desarrollo de sus técnicas de navegación y del comercio.

En este momento histórico del mundo Mediterráneo de la época y de sus necesidades económicas, surgió la Península Ibérica, que contaba, por aquel entonces, con una de las reservas de plata, oro, plomo, cobre y estaño más ricas de occidente, y que, como confín del mundo conocido del momento y de su lejanía respecto al centro de gravedad político de la época –el Mediterráneo oriental–, se presentaba, para los navegantes y comerciantes *fenicios*, rodeada de todo el mito, el misterio y la aventura que necesitaban en aquellos largos y arriesgados viajes intermediterráneos. Es aquí donde nace el mito y la leyenda de *Tharsis* y de sus legendarias naves, que regresaban de este país –identificado como la Península Ibérica– repletas de metales preciados y de productos exóticos y muy valiosos.

En aquella época, y además de los yacimientos y minas de plata, plomo y cobre de las *Sierras de Cartagena* y de *Cabo de Gata*, en la Península Ibérica existían otros importantes yacimientos de plata en *Huelva*, *Extremadura*, *Portugal* y *Cataluña*, así como de estaño en *Galicia*, *Cáceres* y *Portugal*.

Los primeros intercambios comerciales y culturales se producían, por lo general, en las mismas playas, mediante contactos directos con los propios mineros y artesanos aborígenes. Básicamente consistían en simples cambios o trueques de metales valiosos en bruto o ligeramente trabajados por salazones, aceites, perfumes, productos textiles, adornos y cerámica.

Con el paso del tiempo, y expoleados por las convulsiones históricas que

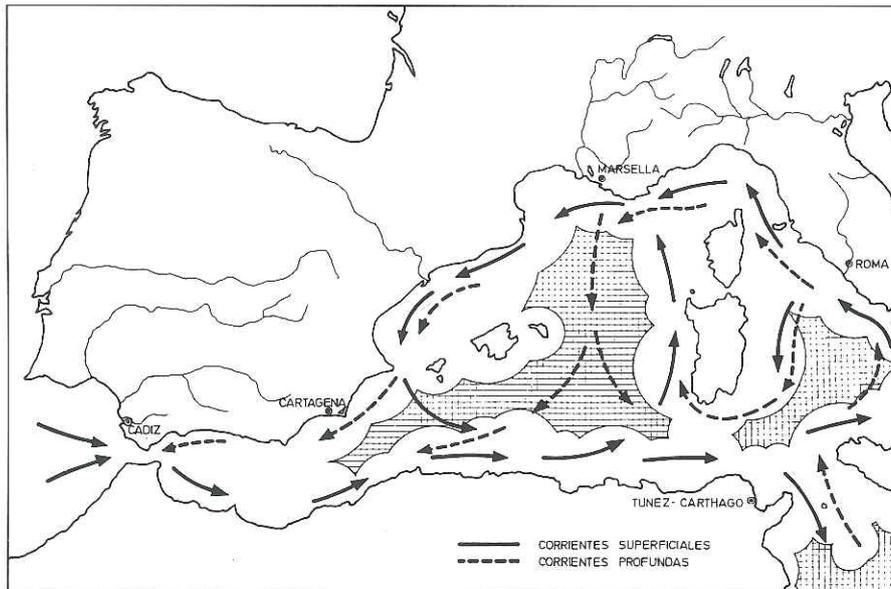


Figura 1.-Corrientes marinas del mar Mediterráneo que condicionaban los recorridos de las rutas occidental y del sur de los metales durante los dos últimos milenios a.C. (Julio Más. "El Puerto de Cartagena" Athenas Ediciones, 1975).

afectaron en las postrimerías del II Milenio a. C. a los tradicionales esquemas políticos y comerciales del Mediterráneo oriental de la época (irrupción de los *pueblos del mar* en la costa palestina y aniquilación de los focos culturales de Creta y Micenas por los *dorios*), los navegantes y comerciantes *fenicios* volvieron su siempre interesada mirada hacia el Mediterráneo occidental y, en concreto, hacia las ricas costas de la Península Ibérica. Es, por consiguiente, a partir de este histórico momento (finales del II Milenio o principios del I a. C.) cuando puede hablarse de la verdadera incorporación de la Península Ibérica a la cultura Mediterránea y al mundo civilizado de la época.

Tras los primeros contactos puntuales y esporádicos, los navegantes y comerciantes *fenicios* comenzaron a establecer pequeñas factorías en las costas de las propias regiones mineras o en lugares estratégicos próximos, desde los que podían controlar fácilmente las rutas comerciales de los productos requeridos. Las formas y las estrategias comerciales estaban cambiando, pero el objetivo final seguía siendo básicamente el mismo: obtener, al más bajo costo posible, la mayor cantidad de las materias primas que necesitaban.

A partir de esta época, los hábiles comerciantes *fenicios* no trabajarían aisladamente y con tanto riesgo, sino

que operarían desde asentamientos y factorías fijas y protegidas, en las que podían realizar transacciones e intercambios mucho más importantes y sustanciosos.

Los pueblos del sureste peninsular en la ruta de los metales

La ruta occidental de los metales durante los dos últimos milenios a. C. se realizaba, básicamente, por vía marítima y estaba estrechamente condicionada por el curso de las corrientes marinas del mar Mediterráneo (Fig. 1). Partía de la costa fenicia y, bordeando el litoral licio y el de las penínsulas griega e itálica, alcanzaba el mediodía galo o el archipiélago balear. Desde cualquiera de esos dos puntos los intrépidos navegantes se dirigían por la denominada "ruta del Sur" hacia la costa del sureste peninsular, que alcanzaban entre los paralelos 38 y 36 N (coincidentes, el primero de ellos, con el "paralelo fundamental" de Atenas y el estrecho de Sicilia, y el segundo con el "paralelo de Rodas"), y que recorrían comercialmente y en navegación de cabotaje, para continuar hacia la zona del estrecho e, incluso, hasta la costa atlántica ibérica.

Más adelante, y a partir del siglo VIII a. C., comenzó a funcionar una

segunda ruta, conocida como la "del Norte o del estaño", la cual partía del mediodía galo, por vía terrestre y a través del valle del Ródano, hasta el norte de las Galias, desde donde volvían a embarcar hacia las islas Británicas, punto final del recorrido.

En la "ruta del Sur", y tras sus primeros contactos con las costas de Cartagena, Almería, Granada y Málaga (habitadas, en esa época, por una serie de pueblos que constituían el sector más oriental de la federación tartesa, como eran los *mastienos* o *deitanos*, *bastetanos*, *contestanos* y *bastulos*) (Fig. 2), los navegantes *fenicios* intentaron fundar una primera colonia estable en *Sexi* (Almuñecar) hacia la primera mitad del II Milenio a. C., para, posteriormente, buscar un nuevo asentamiento en las costas de Huelva. Con estos dos asentamientos fijos, pretendían disponer de unas seguras plataformas de acceso a las zonas mineras peninsulares (Cartagena-La Unión, Almería, Sierra Morena, cuenca del Guadalquivir y Huelva) y, sobre todo, intentar controlar la ruta interior ibérica del estaño y de la plata (*Vía Argentaria*), que desde antiguo utilizaban los tartesos como vía de comunicación y de comercio con el noroeste peninsular y con las Islas Británicas.

Esta política comercial de asentamientos progresivos, se vio confirmada y reforzada, ya en las postrimerías del II Milenio a.C. (año 1100 a. C., aproximadamente) con la fundación de la colonia de *Gadir* (Cadiz), a la que convirtieron en su centro comercial y político de la Península Ibérica. Su andamiaje comercial parecía perfectamente montado y les auguraba una fructífera y duradera etapa comercial, de no ser por la aparición de sus rivales *griegos* (*focenses*), que comenzaron a entorpecerles sus rutas comerciales, sobre todo, tras los pactos de amistad suscritos por éstos con el rey *tarteso* *Argantonio*.

Una prueba evidente de este comercio incipiente llevado a cabo por los navegantes *fenicios* en la costa del sureste peninsular, ha sido el reciente descubrimiento en la bahía de Mazarrón (año 1988), de los restos de dos naves fenicias datadas con carbono 14 como del año 625 a.C.

Este importante hallazgo, y las recientes campañas de prospección y recuperación llevadas a cabo por un equipo de 13 arqueólogos y geólogos

del “Centro Nacional de Investigaciones Arqueológicas Submarinas de Cartagena” (CNIAS), dirigido por Iván Negueruela, han puesto de manifiesto la importancia del descubrimiento, al tratarse de los navíos más antiguos del mundo hallados hasta la fecha.

El yacimiento arqueológico constituye una verdadera “*pedra Roseta*” de la arqueología naval, al no existir ningún trabajo análogo en qué basarse, y estar próximos a ser declarados “*patrimonio mundial*” de la UNESCO, tras haber sido revisados por los prestigiosos arqueólogos marinos de la talla de *Ole Crumlin Pedersen*, del Museo Nacional de Dinamarca, y de *Patrice Pomey*, de la universidad francesa de Aix en Provence.

Los restos, localizados a tan sólo 50 metros de la costa y a 3 metros de profundidad, corresponden a aproximadamente la mitad de las estructuras de dos naves, de unos 8 metros de eslora por 2 de manga, y de ellos los expertos podrán obtener una valiosísima información sobre los medios y técnicas de la navegación *fenicia* del primer milenio a.C., que, hasta la fecha, se basaban en simples especulaciones científicas. Igualmente, sobre los restos de los cascos se han recuperado cerca de 5.000 objetos, consistentes en fragmentos de ánforas, platos, cuencos, ollas y urnas, datados en España con carbono 14 como del 625 a.C. Los muestreos de comprobación, realizados en el *Centro de Isótopos de Onderzoek* (Universidad holandesa de Groningen), indicaron para los restos cerámicos una edad comprendida entre el 600 y el 625 a.C. y para las maderas de las naves entre el 760 y el 500 a.C.

La fundación de Cartago y los enfrentamientos púnico-griegos por el control de las rutas comerciales del mediterráneo occidental

Desde mediados del siglo IX a. C. la ciudad *fenicia* de Tiro y otras próximas de su entorno metropolitano (actual franja costera del Líbano) se vieron sometidos a continuos ataques y asedios por parte de los ejércitos *babilónicos*, y esto obligó a que muchos de sus atemorizados comerciantes emigraran hacia sus colonias occiden-

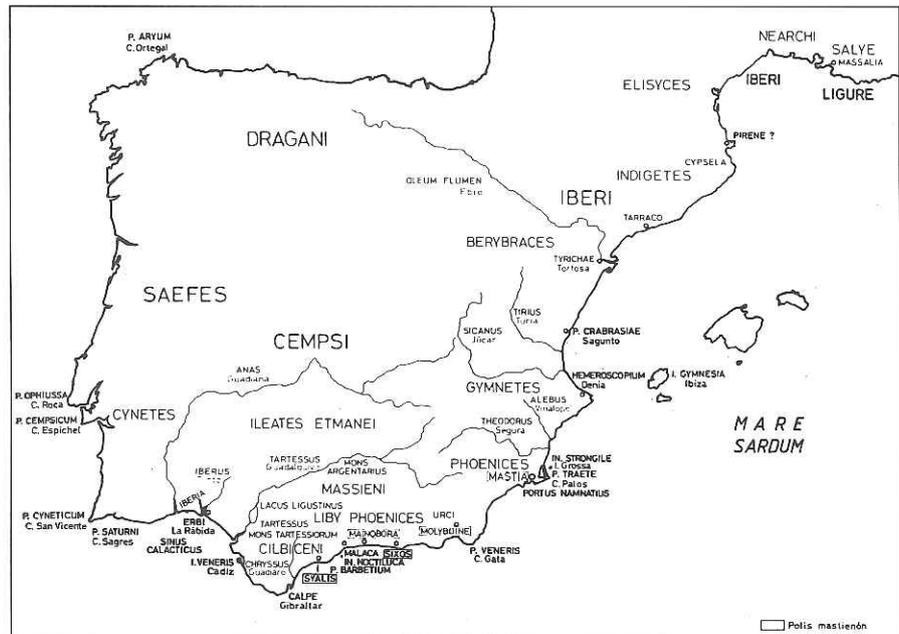


Figura 2.-Distribución de los pueblos aborígenes que poblaron las costas del sureste peninsular en los dos últimos milenios a.C. (según la “*Ora Maritima*” de Avieno y otros autores del siglo VI a.C.).

tales y que decidieran fundar la ciudad de *Cartago* en la costa tunecina hacia finales del mencionado siglo.

Finalmente, con la ocupación de Tiro en el año 573 a. C. por los ejércitos *babilónicos* de *Nabucodonosor*, la ciudad norteafricana de *Cartago* heredó el control de los intereses *fenicios* en occidente, convirtiéndose en la nueva metrópoli y en el punto de referencia obligada de todo el comercio *fenicio-púnico* que se realizaba con la costa Mediterránea de la Península Ibérica.

El período inicial inmediatamente posterior a la caída de Tiro, fue aprovechado por los navegantes y comerciantes *griegos* para intentar desplazar a los *fenicios* en el control de la *ruta sur* de los metales, procediendo a fundar, en un corto período de tiempo, diversos asentamientos y colonias estables en Córcega, Provenza y costa levantina y sur de la Península Ibérica.

El resultado de esta política comercial expansionista fue muy rápido y positivo para los *griegos*, quienes entre los siglos VIII y VI a.C. realizaron un progresivo aumento de contactos comerciales y políticos con los pueblos de la *federación tartesa*, que culminaron con la firma de los “*pactos de Argantonio*” y con la casi absoluta monopolización del comercio en el Mediterráneo occidental, así como con el control prácticamente completo de las dos rutas de los metales: la *norte o del estaño* por terri-

torio galo, y la *sur o de la plata* a través de la Península Ibérica (Fig. 3).

Los enfrentamientos entre los *griegos* y los *fenicio-púnicos* fueron inevitablemente en aumento, y los choques, inicialmente aislados y de poca entidad, culminaron en la decisiva *batalla naval de Alalia* (Córcega), en el año 535 a. C., en la que las naves de la *coalición etrusco-cartaginesa* derrotaron a las *griegas-focenses*, entregando nuevamente al control púnico la *ruta meridional o sur de los metales*.

Esta nueva situación comenzó a hacerse efectiva a partir del último cuarto del siglo VI a. C., en el cual el eje de los contactos comerciales *griegos* en la península se desplazó hacia el norte del Mediterráneo. La fundación de *Massalia* (Marsella) por los *griegos-foceos* en el 600 a.C., de *Alalia* (Córcega) el 560 a. C. y de *Emporion* (Ampurias) el 550 a. C., y, sobre todo, la citada derrota naval del 535 a. C. en aguas corsas, hizo que éstos comenzaran a evitar, poco a poco, las rutas del sur y que fueran concentrando sus esfuerzos en las del norte, que ya se veían protegidas por las nuevas colonias de Provenza, Córcega y Cataluña. Desde esas fechas de finales del siglo VI a. C., los contactos entre los comerciantes *griegos* y los pueblos del litoral hispano se redujeron casi al mínimo, sobre todo por debajo del paralelo 40 N.

que al patear sobre el suelo descubrieron ricos yacimientos.

También, es muy probable, que utilizaran ya un sistemático y organizado sistema de prospección minera por medio de la apertura de pozos en las zonas de previsible interés –que no dejaba de ser un positivo y eficaz procedimiento de investigación minera todavía hoy día en uso– e, incluso, que usaran ya los primeros sistemas de análisis de minerales por medio de la famosa “*pedra de toque*”, a la que *Plinio* denomina “*cotícula*”, y con la que, al frotarla con el mineral en cuestión, los expertos de la época podían obtener una idea bastante aproximada de su contenido en oro, plata o cobre.

Hecataios ya informa de bastantes actividades mineras para la búsqueda del plomo en la zona de *Molibdana* o “*ciudad del plomo*” –posiblemente *Portmán*– en fechas cercanas al 500 a.C., y *Estrabón* también ha dejado información sobre la existencia en esta sierra cartagenera de muchos hornos para la fundición de la plata, en los que resaltaban sus largas chimeneas “... para que el humo de los hornos salga más arriba por ser pesado y dañoso ...”, construidas para paliar los primeros problemas de contaminación atmosférica de que se tengan noticia en el mundo Mediterráneo occidental de la época.

Los cabezos rajado y agudo

A la etapa tardía del bronce o de la inicial del hierro corresponde, probablemente, el poblado minero de *Cabezo Agudo* (La Unión), investigado en el año 1942 por *Fernández de Avilés* y situado a apenas unos metros de la antigua mina del *Cabezo Rajado*, ya explotada desde etapas posiblemente anteriores al bronce (Fig. 7).

Este sector minero del *Cabezo Rajado* o *Rajao*, del *Cabezo Agudo* y de la *Cuesta de Las lajas*, se emplaza apenas a unos centenares de metros del actual núcleo urbano de La Unión y a unos cinco kilómetros al este del de Cartagena, y constituyó en la antigüedad el centro de explotación minera más importante de todo el sureste peninsular.

Está formado por un afloramiento de rocas volcánicas y subvolcánicas del tipo andesitas y doreitas biotíticas

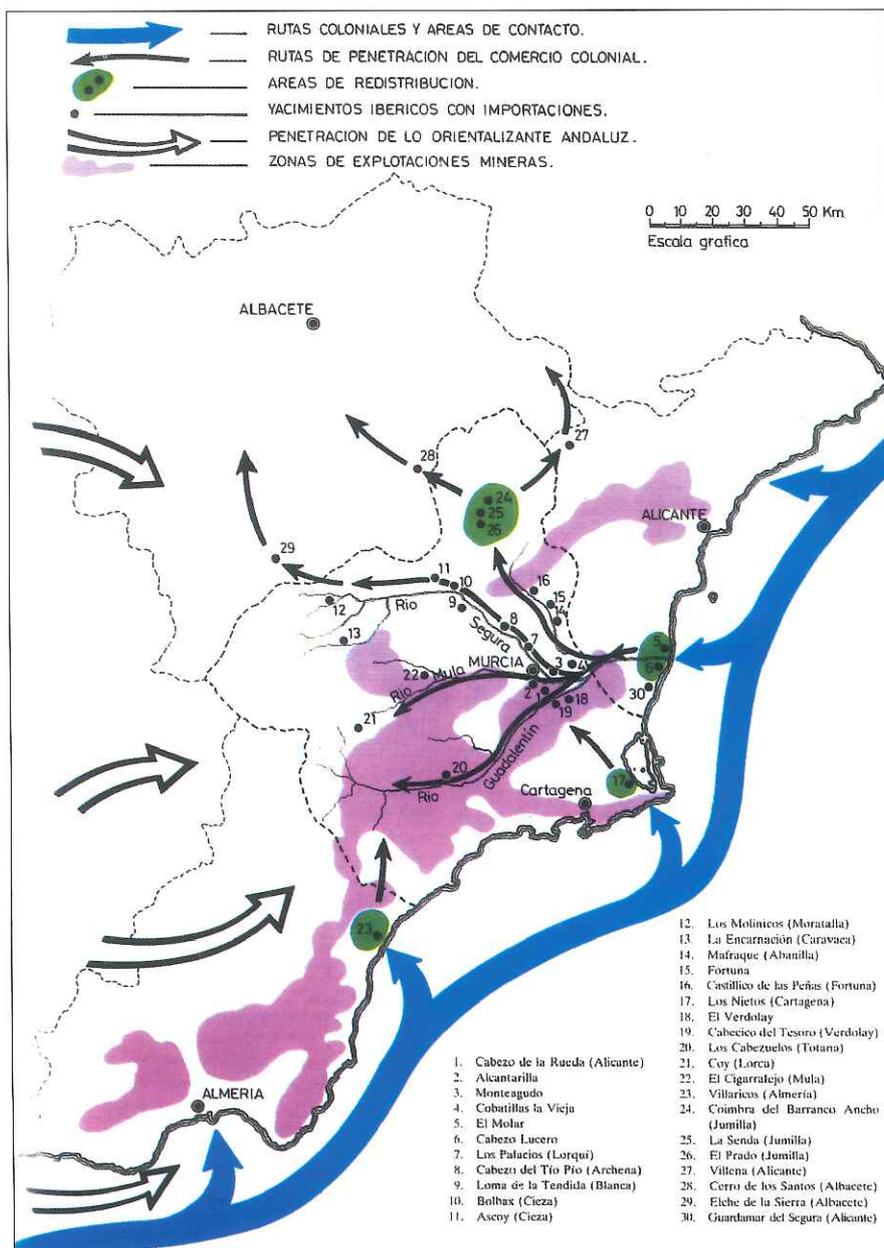


Figura 4.-Zonas de explotación mineras, principales yacimientos y diferentes rutas de penetración comercial en el sureste peninsular (según *Jorge J. Eiroa. Historia de Cartagena*, Tomo III, Ediciones Mediterráneo, 1986).

piroxénicas con alteración hidrotermal, cuya extensión apenas sobrepasa un km², y en cuyas proximidades se localizan afloramientos de similares características en los *Cabezos de Roche* y *La Atalaya*.

Los materiales volcánicos presentan una estructura masiva muy diaclasada, en la que se encaja una compleja red de filoncillos metalíferos rellenos de sulfuros, así como estructuras tipo “*stockwork*” asociadas a vulcanitas y con una intensa alteración hidrotermal. Los mineros antiguos explotaban la red de filones existentes, alguno de los cuales, como el denomi-

nado *La Raja* o *La Zaja*, de dirección noroeste-sureste, era de gran importancia y llegó a ser explotado, desde su superficie, hasta una profundidad de 450 metros, que era, precisamente, hasta la profundidad que había llegado la mineralización primaria de pirita-galena-esfalerita (Fig. 8).

En el *Cabezo Rajado*, así como en el resto de la sierra minera de Cartagena, el mineral más buscado, lógicamente, era la plata, que normalmente estaba contenida en galena o mezclada con óxidos de hierro. Sus formas de aparición eran muy diversas, pero sobre todo se encontraba como filamen-

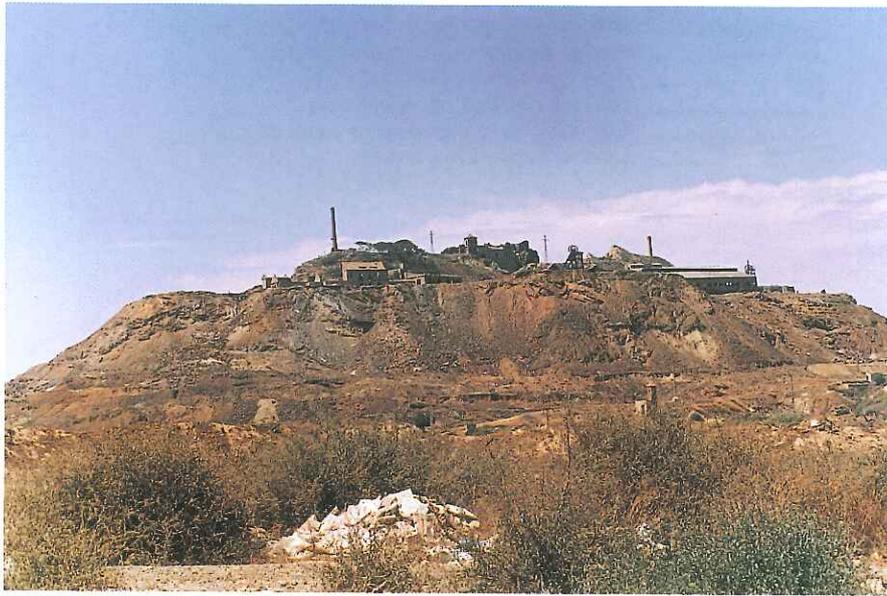


Figura 5.-Vista del “Cabezo Rajado” desde Las Pedreras (La Unión). Este afloramiento de rocas volcánicas y subvolcánicas, se encuentra atravesado por una compleja red de filones metalíferos y constituyó el mayor núcleo de explotación de plata y plomo de todo el sureste peninsular durante más de un milenio. (Foto Manuel Rolandi).

tos, pajuelas o concreciones entre arcillas y en las zonas de alteración de materiales limolíticos (*gossan*).

Métodos de laboreo

Al periodo *mastiense* también deben corresponder las noticias que sobre su minería recogió varios siglos después el historiador romano *Diodoro*:

“... mucho más tarde los iberos conocieron las características de la plata y explotaron minas de importancia. De ellas obtuvieron plata de gran calidad y en grandes cantidades, que les aportó ganancias fabulosas. La manera de la explotación de las minas y la técnica de trabajarlas es la siguiente: siendo como son admirables sus minas en reservas de cobre, oro y plata, los que trabajan las de cobre extraen, excavando la tierra, una cuarta parte de este metal sin ganga; hay obreros que trabajan las minas de plata, que sin ser profesionales, extraen en tres días un talento de Eubea, pues toda la mina está llena de polvo de plata reunido que emite destellos. Por este motivo es de admirar la naturaleza de la región y la laboriosidad de los hombres que allí trabajan...”

Bernardino Rolandi, en su “*Sucinta historia de la minería cartagenera desde su mismo origen*” (1954), describe detalladamente los métodos de

laboreo empleados durante esta época *mastiense* y preromana:

“... Según textos romanos, el laboreo más antiguo conocido en estas minas consistía en un escogido dentro de los minados, dejando la ganga para rellenar los huecos de las explotaciones, método que luego siguieron los romanos, y como con el estéril quedaba mucho mineral, ha habido mina moderna, como la “*Triunfo*” de Mazarrón, que durante más de treinta años ha producido grandes beneficios explotando casi exclusivamente los rellenos que se dejaron con la explotación primitiva.

Una vez extraído el mineral se volvía a triar separando a martillo las pellas de estéril (esta práctica se ha empleado modernamente en las minas que explotaban minerales muy puros). Después machacaban el mineral o se sometía a una burda molienda y finalmente se lavaba en cribas, por las que se hacía pasar una corriente de agua, repitiendo la operación muchas veces.

Para la extracción utilizaron galerías más o menos inclinadas y pozos. Por las primeras se sacaba el mineral a costilla, con capacería de esparto, y por pozos, con tornos y maromas de esparto, a las cuales se unían una especie de cestos tupidos, fabricados también con esparto. Para dar mayor duración al esparto solía embreadarse.

Cuando se encontraba agua con los minados, siempre que fuera posible se practicaban galerías para su evacuación y si no era en mucha cantidad se extraían por los pozos con sus mismos cestos embreados. Cuando sólo se trataba de elevar el agua a poca altura se empleaban tornillos de Arquímedes.

Ezquerria dice que la descripción de los primeros hornos de fusión que hace *Estrabón* es tan somera, que casi hay que imaginarlos y cree que pudieran consistir en excavaciones practicadas sobre las laderas agrias de las montañas pizarrosas, bien en forma de simples pocillos sin revestimiento alguno o bien labrando verticalmente en la ladera medio cañón, cuya parte inferior coincidiera con una pequeña poza circular que hacía las veces de plaza y crisol; el frente lo cerraban dos dovelas de la misma pizarra arcillosa que es muy refractaria y abundante por todas estas sierras. En ambos casos se daba al horno forma de cuba circular, con una abertura más inferior en el lado opuesto para la colada.

La plata se separaba empleando la copelación, en una operación que denominaban “*obrussa*”.

El plomo lo fundían en barras o “*galápagos*”, casi iguales a los actuales, pero con menos peso, puesto que los que se han encontrado tienen poco más de 30 kilogramos, y los marcaban con inscripciones propias de cada fundidor, como ha continuado haciéndose siempre. Si el plomo era desplataado, añadían la palabra “*ferm*” (o *fora*), que significa “*nada*” (o ninguna).

Restos arqueológicos en la zona

Con las primeras etapas del hierro, la banda costera del sureste peninsular, y en especial el entorno de sus sierras mineras, experimentó un importante crecimiento y apogeo comercial, directamente relacionado con la intensificación de sus contactos con los pueblos del Mediterráneo oriental, como queda claramente contrastado con la abundante aparición de restos arqueológicos de industria fenicia y griega en los poblados *mastienses* y *bastetanos* de *Herrerías*, *Parazuelos*, *Palomares*, *Villaricos*, *Cabezo Colorado de Vera* y *Almirazaque*, todos ellos datados como

de un período comprendido entre el 800 y el 600 a. C.

También en este periodo empiezan a aparecer en la zona los primeros objetos elaborados con hierro en forma de fíbulas o hebillas, que coinciden cronológicamente con otros yacimientos similares localizados en diferentes puntos del Mediterráneo y de la Península Ibérica, datados como del 600 a.C. Había tenido que pasar casi un milenio desde que el primer tratamiento del hierro se realizara en la *meseta de Anatolia* (Armenia/Turquía), para que esta nueva experiencia llegara al sureste hispano.

A pesar de estas primeras utilizaciones aisladas del hierro, en el sureste peninsular seguiría siendo la plata la que dominaría toda la producción minera y la orfebrería *mastiense* y *tartésica*, sobre todo a partir del 500 a. C., en el que, tras la desaparición de la entidad política *tartésica* —posiblemente derrotada militarmente por los *cartagineses*, llegados a la Península Ibérica 50 años antes llamados por sus aliados fenicios de *Gadir* o *Gades* (Cádiz)—, se produjo un sorprendente aumento del uso de la plata en todo el ámbito meridional peninsular y, como consecuencia inmediata de ello, un paralelo incremento de su explotación minera.

Las mismas fuentes bibliográficas clásicas comentan el hecho sorprendente de que la plata era tan abundante por aquellos tiempos que incluso se la llegó a utilizar para la construcción de pesebres y de toneles. Es más que probable que estas citas bibliográficas recogieran antiguas leyendas de la zona, muy similares o en parecidos términos a la que se difundió varios siglos antes por todo el Mediterráneo, referida a la sustitución de las anclas por lingotes de plata en las naves que regresaban de *Tartessos*, y que dio origen al *mito de Tharsis* y a la venida de las primeras oleadas de navegantes y comerciantes *semitas-fenicios*. Esta leyenda, que muy probablemente pudiera haber tenido su origen en algún hecho puntual destacable, se convierte en un hecho real y arqueológicamente demostrado en el momento en que se sustituye la plata por el plomo, pues es bien sabido, y así nos lo confirma *Bernardino Rolandi* (1954), que era muy normal en aquellos tiempos el empleo de anclas de plomo fundido. Muestras de este tipo de anclas o "*anclas*" han aparecido en gran número



Figura 6.-Antigua colina de *Aletes* (Cartagena), actualmente denominada *Cerro de San José*. En ella se levantó en la antigüedad un templo en honor del minero "*Aletes*" o "*Aleto*", descubridor del método o proceso empleado para obtener la plata del resto de los metales extraídos de la mena. (Foto Manuel Rolandi).

por todo el litoral comprendido entre el Cabo de Palos y la Isla Grosa, y con longitudes variables entre uno y dos metros, llegando a alcanzar pesos de

hasta 196 kilos. Por lo general son anepigrafas, aunque, en algunos casos, presentan inscripciones *griegas* o *latinas* (Fig. 9).

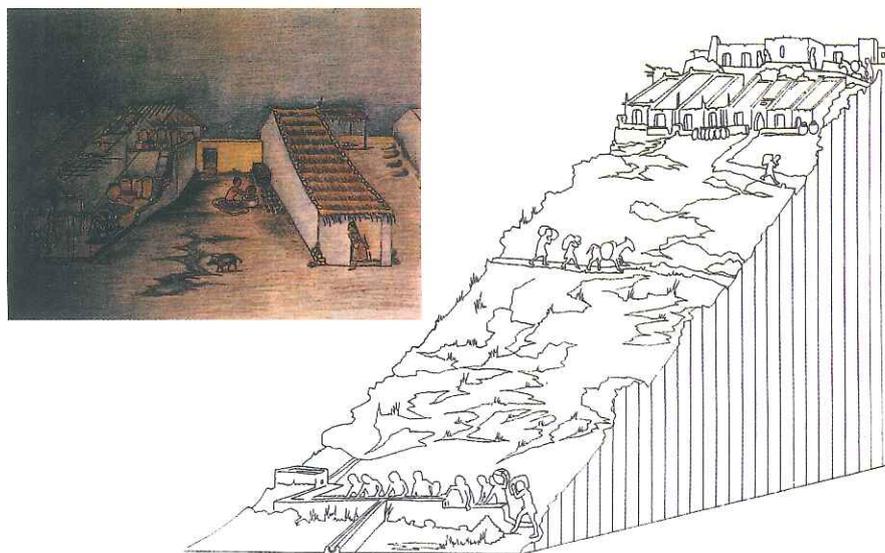


Figura 7.-Reconstrucción hipotética del poblado minero del "*Cabezo Agudo*" de La Unión y croquis de las estructuras de la cumbre de dicho cabezo (según *P. Antonio Lillo Carpio*. *Historia de Cartagena*, Tomo III, Ediciones Mediterráneo, 1986).



Figura 8.-Grandes hendiduras correspondientes a la explotación del filón de “La Raja” o “La Zaja”, en el “Cabezo Rajado” (Cartagena). De dirección NO-SE, fue explotado en la antigüedad hasta una profundidad de 450 metros. (Foto Manuel Rolandi).

De este período, que coincide también con una cierta influencia helenizante en todo el sureste peninsular, han aparecido restos arqueológicos que ponen en evidencia la existencia de una seria y verdadera producción industrializada en la orfebrería *mastiense*, así como un especial interés por todos los productos venidos de la zona del Egeo. Los restos más significativos han aparecido en los poblados del *Cabecico del Tesoro* (Verdolay) y del *Cigarralejo* (Mula), y han sido datados en un periodo comprendido entre los siglos IV y III a. C.

Por medio de *Artemidoro*, y a través de *Estrabón*, nos han llegado

noticias documentales de algunas de las factorías y asentamientos *griegos-masaliotas* en la zona habitada por los *contestanos*, situada entre el río Júcar y la ciudad de *Mastia* (Cartagena), como son los casos de *Gandía*, *Artemisión* (Calpe), *Hemeroscopeión* (Denia), *Alo-nis* (Ífach o Benidorm) e *Ilice* (Elche), en los que se han encontrado abundantes restos de cerámica helénica con figuras rojizas y una datación correspondiente al siglo V a IV a. C.

De igual forma, también en territorio *mastiense* debieron producirse numerosos contactos e intercambios con comerciantes *griegos-masaliotas* entre los siglos VII y VI a. C., y así queda reflejado

por una etapa de influencia *helenística*, muy mezclada con la *fenicia* y la propia autóctona *mastiense*. Los restos de cerámica *griega* aparecidos en el yacimiento de *Los Nietos* (Mar Menor), así como los diferentes objetos, también *helénicos*, encontrados recientemente en el anfiteatro de Cartagena –terracotas moldes, etc.– y las cráteras *griegas* utilizadas como urnas funerarias en los enterramientos de *Villaricos* (Almería), nos confirman esta hipótesis, aunque parecen indicar una “influencia indirecta” y una comercialización de productos netamente de importación introducidos por los diferentes puertos de la costa *mastiense*.

Por último, las necrópolis y los santuarios *mastienses* de los siglos V y IV a. C. también nos traen a la memoria los clásicos “*tesauros*” *griegos* y en ellos aparecen restos de escrituras *griegas* –*Cigarralejo* (Mula) y *Alcoy*–, de ajuares con joyería orientalizante y cerámica del tipo *ateniense* –*La Serreta* y *El Puig* (Alcoy), *La Alcudia* (Elche), *Yecla*, *Jumilla*, *Cueva del Tío Pio* (Archena), *Fortuna*, *Monteagudo*, *Cieza*, *Caravaca*, *Cabecico del Tesoro* (Verdolay), etc.–, que dejan constancia de este período de influencia *helenizante* en el sureste peninsular entre los siglos VII y IV a. C.

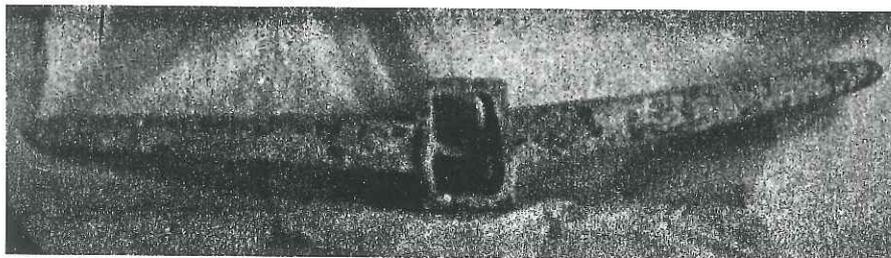


Figura 9.- Ancla de plomo *fenicia* o *griega* localizada en la costa de Cabo de Palos por la *Sociedad Esponjera del Sur de España*. sus dimensiones reales son 103 cm de largo y su peso de 62 kg. (Bernardino Rolandi. *Sucinta historia de la minería cartagenera desde su mismo origen*. Gráficas Reunidas 1954).

!!!Terror en el afloramiento!!! o cómo el cine interpreta los peligrosos imprevistos

Marc Martínez Parra

Hidrogeólogo de profesión, desempeña su labor en el ITGE.

¿Quién piensa que el oficio de geólogo no entraña riesgos?... a raíz de la llegada de "El Proyecto de la Bruja de Blair" a las carteleras españolas el autor del artículo evalúa, con cierta libertad, los múltiples imprevistos, en ocasiones peligrosos, que acechan a todo geólogo (o similar) en la realización de los trabajos de campo. Para ello aporta un detallado catálogo de peligros (bosques tenebrosos, casas malditas y/o abandonadas, pueblerinos linchadores, psicópatas, asesinos, mutantes, animales salvajes y abducciones) con el que pretende reivindicar, irónicamente, una valoración adecuada (sobre todo pecuniaria) del profesional geólogo.

El geólogo desarrolla gran parte de su labor profesional en el medio natural, conocido por todos como *el campo*. Debe recordarse que el germen de esta actividad se encuentra en la Universidad, cuando se realizan numerosas excursiones para adquirir la experiencia y los conocimientos necesarios del entorno natural.

Es difícil imaginar alguna especialidad de la geología que no contemple la realización de estudios en espacios generalmente agrestes: cartografía geológica, levantamiento de columnas estratigráficas, inventario de puntos de agua, toma de medidas piezométricas y muestreo, campañas de geofísica, evaluación de focos contaminantes, indicios metalogénicos, recolección de fósiles, etc. Todas estas actividades obligan a permanecer bastante tiempo solos, o con poca compañía, en parajes poco frecuentados, bajo inclemencias climatológicas, a su vez en áreas escasamente pobladas.

Este aislamiento ayuda a la génesis de numerosas anécdotas laborales relacionadas con los lugares y sus moradores, ora simpáticas ora desagradables. Sin embargo, el cine, en su afán concienciador ha prevenido so-

bre la existencia de múltiples peligros que acechan en sitios tenebrosos, amenazadores, en casas de campo malditas, donde pueden ocultarse fieros animales y personajes de la peor calaña (psicópatas, asesinos, caníbales, brujas y algún que otro alienígena).

De tales riesgos se pretende alertar a todos los geólogos, ya que aunque habitualmente tras un afable rostro siempre hay una bella persona, en ocasiones puede albergar, por ejemplo, a la madre de **Psicosis** (A. Hitchcock, 1960).

Lugares inhóspitos y paisajes amenazantes

La naturaleza puede resultar, a la par que bella, tremendamente hostil. Existen lugares extremos, de climatología espantosamente adversa, como los desiertos o los polos, cuya exploración ha resultado uno de los últimos retos de la humanidad en su propio planeta. Películas como **Scott en la antártida** (Ch. Friend, 1948), reflejan las dificultades, a menudo mortales, que plantearon dichas aventuras; la cartografía de un remoto e inhóspito lugar de la Siberia rusa da pie a A.



Kurosawa para realizar una bella película sobre la amistad (*Dersu Uzala*, 1975).

Pero existen otros parajes en los que su hostilidad no es asociable a la dureza climatológica; son lugares en los que subliminalmente uno se siente amenazado: **sitios que dan miedo**. Pero ¿qué es el miedo? Según el diccionario es la perturbación angustiada del ánimo ante un peligro real o imaginario, presente o futuro. Una explicación racional para el torrente de las aprensivas sensaciones padecidas por el observador puede hallarse en los albores de la humanidad, cuando cazadores y recolectores debían enfrentarse tanto a fenómenos que no comprendían y que atribuían a fuerzas sobrenaturales, como a depredadores ocultos en lugares donde no hay una visión total del entorno (como bosques frondosos, relieves abruptos o el fondo de cañones) **sin saber qué se podían encontrar al doblar el camino**. Es, en definitiva, el miedo a lo desconocido.

El proyecto de la Bruja de Blair (D. Myrick y E. Sanchez, 1999) es una de las películas que mejor ha reflejado esa impresión amenazante. Tiene la gran virtud de destilar este miedo básico, emanado de un entorno ignoto e intimidador, que ya describiera Arthur Machen en sus relatos) qué geólogo no ha sentido alguna vez una aversión inexplicable en algún paraje visitado? Esta película, sin embargo, despierta sentimientos encontrados en los aficionados, siendo alabada por unos y vituperada por otros. Dicha polaridad puede deberse a la **diferente percepción de los espectadores** ante los hechos

allí mostrados; así es posible que los amantes de la naturaleza y del excursionismo, junto a profesionales como los geólogos, sientan mayor angustia y desasosiego que un urbanita común, más habituado a las excelencias del transporte público y de las aglomeraciones callejeras.

Este agobio emocional ha sido sabiamente transmitido por los directores, incorporando al espectador a la trama de la película mediante la subjetivización que supone rodar con una cámara al hombro; ello provoca al espectador la impresión de ser protagonista de la cinta, siendo uno más de los que corre asustado y las imágenes del film aquello que ve. Deliberadamente se crea una sensación claustrofóbica, sin verse espacios abiertos o la línea del horizonte. Para ello emplean planos bajos, del suelo, o bien planos generales de tupidos bosques. La sensación de indefensión ante lo desconocido se ve acentuada en las escenas nocturnas, magistralmente rodadas, cuando entre los personajes (espectador incluido) y el indeterminado peligro exterior, únicamente se encuentra la fina capa de tela de la tienda de campaña en la que se guarecen. ¿Qué geólogo no ha sentido desazón ante los ruidos nocturnos de un bosque, sobre todo si se encuentra acampado solo?

Otras películas ya se habían acercado a esta temática. **Picnic en Hanging Rock** (P. Weir, 1975) extraña película australiana enmarcada a principios de siglo, relata la desaparición inexplicable de unas alumnas de merienda en un raro y perturbador paraje montañoso. Esta idea fue recogida

y actualizada en otra película austral, en la que la naturaleza de una playa solitaria se hacía más amenazante **Largo fin de semana** (C. Eggleston, 1986). También la británica **Los ojos del bosque** (J. Hough, 1980), combina una extraña fuerza intimidadora que proviene de un bosque con una vieja mansión.

Se alquilan maravillosas fincas rústicas: casas malditas, ruinosas o aisladas, excelentes vecinos

¿Quién no ha encontrado en sus recorridos geológicos, cartografías o inventarios de puntos de agua subterránea, casas lúgubres, a veces abandonadas, que provocan algo más que un escalofrío? Estas edificaciones transmiten al observador una sensación subliminal de inquietud: algo o alguien puede estar acechando, oculto *ahí detrás*.

Aunque estas casas, generalmente segundas viviendas, lo único que contienen son muebles viejos y electrodomésticos de segunda mano, en ocasiones, según la cinematografía, pueden resultar una trampa letal, al encerrar algún tipo de maldición. Un grupo de domingueros llegan a una de estas aisladas casas en **Posesión infernal** (S. Raimi, 1982), invocando sin apercibirse una antigua maldición que va acabando con ellos uno a uno ... y originando a dos secuelas más: **Terroríficamente muertos** (1987) y **El ejército de las tinieblas** (1993), ambas también dirigidas por Raimi.

El ejemplo nacional lo constituye **Morbo** (G. Suárez, 1972), relato de las vicisitudes de una pareja formada por Víctor Manuel y Ana Belén, que eligen un lugar equivocado para acampar, junto a una casa con un terrible historial.

Las casas ruinosas y semiderruidas tampoco resultan lugares muy recomendables para pernoctar una noche, evocando, en algún momento, las leyendas de Bécquer. Su deterioro, los escombros y la existencia de puntos ciegos provoca una sensación de incomodidad y aversión que impide una permanencia prolongada en las mismas. En **La matanza de Texas** (T. Hooper, 1974), unos jóvenes dicharacheros visitan, antes de ser descuartizados, su antiguo hogar de infancia, allá en la campiña del profundo sur norteamericano,



Leatherface: ¿Quién le pide la hora?

hallándolo ruinoso y lleno de extrañas figuritas colgantes elaboradas con huesos, antecedente directo de las inquietantes figuras colgadas de las ramas en el bosque de **El proyecto de la Bruja de Blair** (D. Myrick y E. Sánchez, 1999). Asimismo, la parte final de **El Proyecto ...** tiene lugar en una escalofriante casa abandonada, con extraños graffittis decorando las paredes, en lo más profundo del negro bosque.

Los Sin Nombre (J. Balagueró, 1999) es una aterradora película catalana que postula la existencia de una secta cuyo fin es destilar el mal a través del dolor infringido a terceros para conseguir poder; dicha secta se oculta en edificios abandonados de la costa de Barcelona; sin embargo en esos parajes lo más fácil es encontrar a inmigrantes ilegales.

¿Y que se puede pensar de una casa habitada y aislada en el campo? Habitualmente unos encantadores vecinos te abren la puerta y son solícitos a la hora de proporcionarte información, siendo menos los casos en los que se tropieza con atractivas amas de casa ti-

po **Los puentes de Madison** (C. Eastwood, 1995), aunque según algunos colegas, *es de lo más frecuente*.

Sin embargo no se deben olvidar las enseñanzas de la sabiduría popular, como se refleja en el archiconocido cuento de **Hansel y Gretel**. La versión *gore* y tremebunda del mismo es **La Matanza de Texas** (T. Hooper, 1974) donde una encantadora familia de matarifes en paro elaboran *deliciosos* embutidos artesanales empleando como materia prima a los desprevenidos viajeros de paso, empleando la motosierra, con una habilidad pasmosa, para el despiece de los mismos, **vivos** o muertos, siendo un consumado maestro de tal destreza uno de los hijos conocido como **Leatherface** (Cara de Cuero). Y siempre tras el original surgen imitadores, como los granjeros caníbales de **Motel Hell** (K. Lenoner, 1980). ¡Pero existe algo más peligroso! Llegar a un caserón solitario y convertirse en el objeto de deseo de un científico alienígena travestido de corista llamado Dr. Frank'n'furter, cuyo máxima obsesión es ¡crear al hombre perfecto! (pa-

ra su propio placer); todo ello acontece en **The Rocky Horror Picture Show** (J. Sharman, 1975) genial e irreverente *cult-movie* donde las haya.

Y como consideración final, uno no debe, por mucho calor que tenga, colarse en casa ajena y tomar un baño en una solitaria piscina, porque podría acabar siendo colaborador involuntario de *Misterios sin resolver*, como sucede a dos sabrosos excursionistas en **Piraña** (J. Dante, 1978).

El *homo silvestris*: manual del tratamiento a forasteros

Las relaciones entre el hombre de ciudad y el de campo, aunque simbióticas, siempre se han caracterizado por la desconfianza mutua, siendo éstas, relaciones amor-odio. Los de ciudad, además de acuñar *cariñosos* apelativos para definir a los campesinos (como garrulo, paleta o palurdo), han desconfiado de éstos, atribuyéndoles una increíble capacidad de engaño, como muestra el revelador anuncio televisivo de fabada asturiana enlatada. De la misma manera, en los núcleos rurales también ha existido un cierto recelo hacia los forasteros, y es en este último colectivo, el de los foráneos, en el que puede englobarse al geólogo.

El geólogo, por necesidades del trabajo, necesita la colaboración con la gente del lugar. Esta es precisa para cartografiar en fincas privadas, instalar equipos de geofísica, inventariar o muestrear puntos de agua,... sin ella es posible que el trabajo se entorpezca e incluso no pueda salir adelante.

El cine ha mostrado generalmente las relaciones más tortuosas, aunque no por ello inciertas, con estas gentes. **Bahía Negra** (A. Mann, 1953) relata la instalación de la primera plataforma petrolera en alta mar, en las costas de Luisiana. Ello no resulta fácil, ya que James Stewart debe enfrentarse al mar, a un huracán y al esquivo petróleo, pero sobre todo, a las reticencias de todo el pueblo pesquero. Estos sabotean los geofonos por miedo a perder los bancos de gambas ante las explosiones, provocan peleas tumultuarias con los peones y, como fin de fiesta, pretenden acabar con la instalación a causa de la boda de la hija de uno de ellos con el capataz de dicha plataforma sin el correspondiente permiso paterno. Y es que, usualmente, los extraños tienen la

culpa de todo, y si no pregunten a Spencer Tracy, que sobrevive milagrosamente a un linchamiento y posterior incendio de la prisión en la que ha sido encerrado al ser confundido con un secuestrador infantil en la mordaz **Furia** (F. Lang, 1938). Mejor suerte no tienen los arqueólogos de **El Tesoro** (A. Mercero, 1988) en la que todo un pueblo de la España profunda está obsesionado con que *los de la ciudad* van a robarles *sus* tesoros.

Un malentendido puede causar bastantes quebraderos de cabeza; en **La Presa** (1981), del excelente artesano Walter Hill, unos soldados aficionados, pertenecientes a la Guardia Nacional se apropian de unas barcas en los pantanos de Luisiana, siendo cazados inmisericordemente por los lugareños, haciendo del título original, **Southern Comfort**, un acertado ejercicio de ironía.

En ocasiones, en *esas* pequeñas poblaciones, tan idílicas y entrañables, podrían ocurrir espantosos hechos como los padecidos por una pareja que tienen la desgracia de pasar por el pueblecito habitado por una secta de tiernos infantes parricidas—**Los chicos del maíz** (F. Kiersch, 1984)—estando a punto de ser sacrificados a un extraño ser; o bien ser atacados por campesinos monstruosos **Escóndete y tiembla** (J. Hough, 1987). Sin embargo no es necesario atravesar las fronteras para encontrar inquietantes comunidades como la urbanización en las afueras de Madrid descrita en **Descanse en piezas** (J. R. Larraz, 1987) o niños homicidas como en **¿Quién puede matar a un niño?** (N.I. Serrador, 1976). Sin embargo el *no-va-más* en cuestión de comunidades exóticas la forman los sociables hombres-lobo de **Aullidos** (J. Dante, 1981), siempre dispuestos a incorporarte a la misma.

También existen ejemplos de inusitada violencia ¿Como calificar el brutal trato recibido por los protagonistas de **Deliverance** (J. Boorman, 1972)? Unos excursionistas varones que descienden por un río en las montañas Ozarks, son asaltados sexualmente por un grupo de despreciables lugareños sociofóbicos, aficionados al francés (no idiomático) y nada recomendables de encontrar en una ducha. Tampoco la Dra. Fossey, bióloga especialista en gorilas, tiene mejores relaciones con los nativos africanos, a te-



A veces la realidad supera la ficción.

nor de los sustos que les da y de los que recibe (*¿susto o muerte?*)—**Gorilas en la niebla** (M. Apted, 1988).

Aunque parezcan exagerados algunos de los ejemplos mencionados, conviene no olvidar la polémica que ha rodeado las innumerables *guerras del agua* en muchos pueblos de España, con eternas discusiones por la posesión y utilización de las aguas de tal o cual fuente o sondeo, o las discusiones suscitadas con todo lo relacionado con vertederos y cementerios de sustancias peligrosas, entre otros, y que suelen salpicar las noticias de muchos diarios de distribución regional y hasta nacional.

Otro ejemplo filmico de las relaciones nada aconsejables entre los geólogos y los paisanos tiene lugar en **Mararía** (A. Betancor, 1998), ambientada en Lanzarote y en la que a un vulcanólogo inglés le pierde su afición a ligar con lugareñas y, sobre todo, de dejar su martillo a mano de cualquier rival despechado; al menos el asesino, todo un respetable médico, tiene la delicadeza de arrojar el cadáver y sus pertenencias a una fumarola, bello fin para un estudioso de los volcanes. En la Menorca del XVIII bajo dominación inglesa, un cartógrafo inglés, John Armstrong, es acuchillado al interesarse demasiado por una agraciada isleña en la no menos hermosa película **El vent de l'illa** (G. Gormezano, 1987).

La vicisitud de estos dos últimos casos (el geólogo y el cartógrafo) con-

duce a una reflexión: en ocasiones, cuando la duración del trabajo de campo se eterniza, el encontrarse demasiado tiempo fuera de casa puede llevar a sufrir una especie de confraternización cariñosa o *síndrome de Estocolmo* con los vecinos/vecinas del lugar. Así en **El inglés que subió una colina pero bajo una montaña** (C. Monger, 1995) se relatan, en clave de amable comedia, los improbables esfuerzos realizados allá en 1917 por los habitantes de un pueblecito galés para que en una nueva cartografía, su montaña no sea reducida a una vulgar colina. Para ello se valen de todas las estratagemas, incluyendo la seducción de uno de los cartógrafos ingleses por una moza del lugar. Otro ejemplo son las tres películas rodadas sobre la tragedia del *Bounty*: una tripulación inglesa arriba a una isla paradisíaca del Pacífico en busca del árbol del pan, tras varios meses de estancia, el inevitable enamoramiento de las nativas se produce y ninguno quiere volver a sus casas, estallando el motín más famoso del cine **Rebelión a bordo** (F. Lloyd, 1935) (L. Milestone, 1962), **Motín a bordo** (R. Donaldson, 1984).

Pero si lo descrito anteriormente ocurre en lugares *relativamente* civilizados, el riesgo y la sorpresa es mayor en rincones selváticos y olvidados del mundo, en los que se descubren mamíferos desconocidos, ancianas ruinas y tribus aisladas—los reales *Tasaday* descubiertos en 1971 en Filipinas o los imaginarios de la segunda



¿Quién pasa aquí una noche solo?

versión de **King Kong** (J. Guillermin, 1976).

Pero no todo es romanticismo y belleza en estos encuentros, ya que según los profesionales del cine, es muy fácil tropezar con tribus fieras (¿quien no recuerda los temibles *gaboni* que se detenían a los pies de la cuasi inaccesible meseta del Mutia, en todas las películas de Tarzán?). Además, los indígenas pueden tener curiosas costumbres, desde secuestrar niños de ingenieros a comerse directamente a los intrusos **La Selva Esmeralda** (J. Boorman, 1985). Otros largometrajes que versan sobre esta especialidad *rica, rica* de la *nouvelle cuisine* son las italianas **La montaña del Dios Caníbal** (con una Ursula Andress *bocata di cardinale*) y **Holocausto caníbal** (1979), una *cult-movie* del cine de vísceras y mirones, muy popular en su momento y que fue promocionada como si se tratase de un documental verídico (¿les sueña?). Y es que el genio humano, único donde los haya, nunca detiene su creatividad en cualquier campo, desde los nuevos ingredientes en la gastronomía al marketing. Cabe señalar en cuanto a canibalismo y antropofagia, que a mediados del siglo XX desapareció en las montañas de Nueva Guinea un antropólogo de una acaudalada familia norteamericana ¿adivinan qué costumbres tienen los nativos que pretendía estudiar?

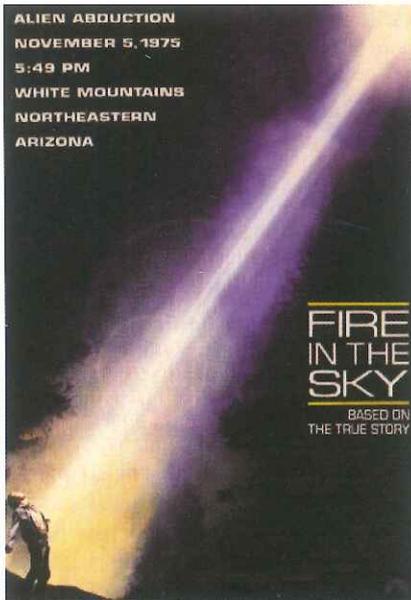
Cuidado: animales sueltos

Aunque cada vez lo parezca menos, multitud de animales de todo tipo y condición rodean al geólogo en su labor campestre. Tal vez no resulta evidente, pero en muchos casos no se ha valorado convenientemente la peligrosidad potencial.

Los invertebrados, aunque pequeños, resultan en ocasiones letales: las arañas han sido desenmascaradas en reveladoras películas como **Tarántula** (J. Cardos, 1977) o **Aracnofobia** (F. Marshall, 1991); no todas las hormigas son como las de **Bichos** o **Antz** (1999), algunas casi se comen a Charlton Heston en **Cuando rugie la marabunta** (B.Haskin, 1954), y tampoco debe engañar la popularidad de la abeja Maya: en **El enjambre** (I. Allen, 1976) gastan una mala leche inusual las amigas de *Flip, el saltamontes*.

Pero los vertebrados no se quedan a la zaga. El oscuro escritor británico Arthur Machen postulaba en su inquietante novela **El Terror** (1917) la posibilidad de que los animales, ante las guerras fratricidas de los humanos, se rebelaran para ser los nuevos reyes de la creación. Esta idea fue recogida por Hitchcock en su celebrada **Los Pájaros** (1963). Sin embargo, los peligros que pueden acechar en el campo a todo geólogo son más reales y el cine los ha analizado detenidamente. Los caimanes **Eaten alive** (T. Hooper,

1970)–, plagas de serpientes de cascabel y anacondas **Anaconda** (L. Llosa, 1997)– no dejan en muy buen lugar a los reptiles; también existen mamíferos peligrosos en las campiñas, bosques y selvas del mundo: vaquillas, toros de lidia, osos, jabalíes, tigres y leones devoradores de hombres. Las *molestias* causadas por estos últimos son narradas con *demasiada* meticulosidad en **Los demonios de la noche** (S. Hopkins, 1996), historia de la accidentada construcción de un trazado ferroviario en África. En los bosques y montes de Europa y América el animal filmico peligroso por excelencia es el oso; aunque algunos resultan entrañables **El oso** (J. J. Annaud, 1989), **Jacky, el oso del bosque de Tallac** o **Yogi y su amigo Bubu**– otros sin embargo resultan poco recomendables, como el aniquilador de turistas de **Grizzly** (D. Perlmutter, 1976) o el multado por beber agua rica en mercurio (merced a una compañía maderera poco ecológica) que ataca a todoquisque ruidoso en los bosques de **Profecía maldita** (J. Frankenheimer, 1979). Los jabalíes tienen su sangrienta representación gracias a la australiana **Razorback** (R. Mulcahy, 1984) en la que un descomunal jabalí se come a todo aquel que se cruza en su camino o en la más clásica **Con él llegó el escándalo** (V. Minelli, 1960), en la que Robert Mitchum *comprende* qué es encontrarse con un jabalí herido de muerte.



La otra fauna salvaje: silvestres sobrevenidos, alienígenas, asesinos, veteranos del Vietnam, caníbales, mutantes, brujos, sectas y vampiros

No hace muchos años, en una comarca costera de la provincia de Barcelona, un inmigrante del África Negra, debido a problemas de solvencia y a la espera de un juicio, decidió irse a vivir a los bosques de una montaña próxima. Nadie se apercebía de ello, pero un día, sobresaltado, alguien lo descubrió, y en poco tiempo el miedo fue sustituido por la curiosidad, llegando a ser una atracción turística de la zona, siendo buscado por los domingueros con sus 4 x 4. Valga esta anécdota para ilustrar el presente apartado; es posible encontrar en el deambular por el campo todo tipo de personajes pintorescos que han decidido trasladar su residencia a los bosques.

El personaje paradigmático es **Tarzán**, para unos el ingenuo salvaje y para otros la ejemplificación del concepto de *anglosajón-ser-superior*. Creado por Edgar Rice Burroughs (a su vez padre de otros aventureros humanos con sede en Marte o Venus), cambió el naturalismo de su primera novela por la pura aventura *pulp* de las siguientes, llegando Tarzán a conocer imperios olvidados, romanos, hombres-leopardo, etc. In-mortalizado por multitud de actores, desde el cine mudo a la más actual actualidad, es la eterna sorpresa que cualquier explorador, naturalista o buscador de oro puede encontrar en la selva –**Greystoke** (H. Hudson, 1984), **El tesoro de Tarzán** (R. Thorpe, 1941)– siendo mejor toparse con él, que con cualquier japonés que piense que la II Guerra Mundial no ha terminado, o con algún marciano de aficiones cinegéticas, siendo los humanos la especie a *disminuir*, como ocurre en **Depredador** (J. Mc Tiernan, 1987).

Tarzán ha sido llevado al cine por norteamericanos, españoles e incluso turcos, siendo además versionado, copiado o atribuyéndosele paternidades ignoradas; así se pueden encontrar a **Bomba**, **Chanoc**, **Tarzak**, **Karzán**, **Thunda**, **Korak**, **Tarzana** o **Zambo** entre otros. Sin duda, con tanto habitante selvático, el uso de lianas debe

estar regulado por semáforos y los elefantes aparcados en doble fila.

El mito de Tarzán, el de un humano criado por animales salvajes, se basa en hechos reales, como aquel niño encontrado en 1700 en los bosques de Francia y que dio origen a **El Niño Salvaje** (F. Truffaut, 1970). Otras películas que reflejan a estos *tarzanes* más reales es el Mowgli de **El libro de la Selva**, relato de R. Kipling llevado dos veces al cine (Z. Korda, 1942; S. Sommers, 1994) y una animada (W. Reitherman, 1967), siendo también posible toparse con Jodie Foster corriendo por el bosque como sucede en **Nell** (M. Apted, 1994).

Asimismo algún paleontólogo puede tropezar en los Andes con alguien que dice ser descendiente de un experimento alienígena, como sucede en la gloriosa **El Hombre-Puma** (A. de Martino, 1980), *cumbre* del género de super-héroes españoles.

Aunque uno puede encontrar en el campo la experta ayuda de algún amable lugareño (**Cocodrilo Dundee**, 1986) también puede emboscarse otro tipo de personas, algo más violentas, como el asesino compulsivo de **Malas Tierras** (T. Malick, 1973), o el in-evitable Rambo, que en **Acorralado** (T. Kotcheff, 1982) da una *clase magistral* (*¡sintiendo las piernas!*) de cómo sobrevivir en un bosque, aunque mejor es no estar cartografiando por las inmediaciones. Sin embargo de nuevo la realidad vuelve a superar a la ficción, ya que recientemente fue detenido en Galicia un sujeto que compartía el mismo alias que Stallone debido a su afición a ocultarse en el monte.

El *summum* de personalidades algo complejas es descrito en la reciente **Ravenous** (A. Bird, 1999), donde un extraño personaje encarnado por Robert Carlyle –le recuerdan en **Full Monty** (P. Cattaneo, 1998)– transforma a todo un destacamento del Ejército norteamericano en los Apalaches en un magnífico recetario, que adereza con verduras, algo de licor y una pizca de sal. Como el lobo de Capercucita. Si uno deambula por las Highlands escocesas corre el riesgo de ser mordido (o algo mucho peor) por un hombre-lobo asiduo a los pubs. **Un hombre-lobo americano en Londres** (J. Landis, 1981).

¿Parece exagerado? Pues no. A principios de siglo, en la Galicia rural, un buhonero llamado Benito Frei-

Pero de todos los vertebrados, el **perro**, el eterno *amigo del hombre*, ha resultado ser el principal peligro de los trabajadores del campo. Es tanta su *popularidad* que las acciones de estos perros mordedores han llegado a las páginas de la *Prensa Rosa*: el ataque sufrido por el hijo de una conocida presentadora y de un ubicuo Conde. Desgraciadamente cada vez son más comunes estos sucesos; la mirada de razas feroces, auténticos juegos malabares genéticos, favorecen el gran número de incidentes anónimos en campos, pueblos y ciudades. A éstos debe añadirse las jaurías de perros abandonados, los llamados *cima-rrones*. Un claro ejemplo fílmico de ello lo supone el drama de la señora asediada por el perro rabioso de **Cujo** (L. Teague, 1983), los perros mutados de **Man's best friend** (J. Lafia, 1993) o el perro poseído del telefilm **El perro del infierno** (C. Harrington, 1978). En ocasiones el entrenamiento especializado puede dar origen a aberraciones caninas, como el perro que únicamente ataca negros en el último Sam Fuller (**Perro Blanco**). Tras esta reflexión ¿quién va a saltar una valla con el loable propósito de reconocer un afloramiento?

Por último recordar que también existe fauna desconocida, descubriéndose de vez en cuando algún mamífero que otro (como recientemente en Vietnam) ¿y por qué no atropellar un Pies Grandes en un bosque de Norteamérica? (**Bigfoot y los Henderson**; W. Dear, 1987).

re, sufriría de doble personalidad, adquiriendo la de un hombre-lobo mental y asesinando a cuantos pillaba, hasta que fue capturado. Estos hechos fueron llevados al cine por P. Olea en **El bosque del lobo** (1970), magistral película en la que brillaba el nunca-bien-valorado Jose Luis López Vazquez, como el temible buhonero. También es conveniente recordar que un trágico accidente aéreo en Los Andes llevó a un equipo de deportistas chilenos a alimentarse de sus amigos muertos para sobrevivir-; **Viven!** (F. Marshall, 1993).

El progreso, al que tanto ayuda la Geología, en ocasiones también juega malas pasadas a los profesionales del ramo en el trabajo de campo. Según el cine existe cierta probabilidad de toparse con... ¡mutantes! ¿No debería ello ser considerado a la hora de las gratificaciones? A este colectivo pertenece esa *familia atómica* bautizados con nombres de la mitología griega y romana (aunque su belleza no va pareja) y que gustan de aterrorizar, asesinar y devorar a excursionistas que se adentran en sus dominios; son los protagonistas de **Las Colinas tienen ojos** (W. Craven, 1977) y de su inevitable secuela (1985).

Otro peligroso segmento poblacional lo supone el sector espiritual: sectas, brujas y demás allegados. Unos campistas son testigos de sacrificios humanos a cargo de una secta, pero son descubiertos y perseguidos, en **Race with the devil** (J. Starrett, 1975). Sin embargo la película más reciente y que mejor muestra esta situación es la ya mencionada **The Blair Witch project**; la ominosa presencia de algo, más que de alguien, conforme transcurre la historia, causa el desespero y fatal fin de los protagonistas. La versión nacional la constituye **99.9** (A. Villalonga, 1997), donde se muestra que a alguna señora madura de pueblos de piedra y teja no les basta con engañar a los forasteros con la fabada enlatada.

Las películas de psicópatas y alienados han creado su propio subgénero, que habitualmente se desarrolla en ciudades o residencias plagadas de estudiantes, botón de muestra es **Scream** (W. Craven, 1996). No obstante también tienen su rincón en los bosques del planeta. Prueba de ello es la *mimosa* madre de Jason (y es que madre sólo hay una, por suerte en este ca-

so), protagonista de **Viernes 13** (S. Cunningham, 1980), así como su animoso hijo que la releva en las restantes secuelas (y van 8). Su quehacer cotidiano es exterminar, de manera imaginativa, a campistas jovencitos y fogosos. Ello debería llevar a los estudiantes de geología a ser precavidos y valorar convenientemente la posibilidad de alojarse en campamentos de verano con unos precios extrañamente bajos, sobre todo si se encuentran junto a **Cristal Lake**.

La ley de Murphy puede llevar a cualquier geólogo a topar con delincuentes, desde el gracioso ladrón de **El bosque animado** (J.L. Cuerda, 1989) a criminales-en-fuga, como le sucede a una Meryl Streep deportista de riesgo y a su familia en crisis en **The river wild** (C. Hanson, 1994).

Y por último cabe recordar que ni siquiera tras un duro día de trabajo uno no puede distraerse tomando una copa en cualquier local o bar de carretera. Puede acabar siendo pasto de vampiros como **Abierto hasta el amanecer** (R. Rodríguez, 1996) o en **Los Viajeros de la Noche** (K. Bigelow, 1987), siendo estos locales los lugares preferidos para el avituallamiento de tan noctámbulos seres.

Lo que faltaba: abducciones variadas o cómo aparecer en expediente-X

Además de los peligros terrenos y ultraterrenos, los geólogos deben asumir la posibilidad de encuentros en la tercera fase, esto es, de abducciones alienígenas. Demasiado tiempo por lugares poco habitados, carreteras poco transitadas o en extensos bosques. Los entrañables programas del Dr. Jiménez del Oso o las novelas pseudo-periodísticas de J.J. Benítez pueden dar fe de estos fenómenos, como el que le ocurrió realmente a Travis Walton en 1975, trabajador forestal que fue raptado por un OVNI en el bosque; la película que dramatiza estos hechos-**Fire in the sky** (R. Lieberman, 1993)- amén de una interesante recreación del interior del OVNI basada en las declaraciones del afectado, tiene la virtud de alejarse de las películas al uso, barnizándola con un ligero toque realista, creando un nuevo género: *neorealismo marcianil*.

La inquietante conclusión

Tras una desenfadada lectura de lo expuesto, conviene realizar una necesaria y serena reflexión: el colectivo de los geólogos (y similares) forma parte de ese privilegiado y poco numeroso grupo de profesiones con riesgo.

Aunque no es habitual (por el momento) ser abducido o atacado por caníbales mutantes o psicópatas con motosierra y tampoco se corren los riesgos de corresponsales de guerra, soldados profesionales o algún que otro conductor de autobús urbano, sin duda la mayoría ha pasado por alguna situación desagradable, como ser tratado con desconfianza, correr delante de un perro, lidiar con paisanos furibundos, ser retenido en las dependencias de algún Ayuntamiento o desarrollar su trabajo bajo protección policial en lugares poco recomendables; todo ante el desconocimiento y la ignorancia de la sociedad a la que se sirve.

Por último, frente a los antecedentes expuestos, debe señalarse que es preferible no dar pábulo a los sedientos guionistas cinematográficos, ya que no debe resultar plato de buen gusto acceder al efímero estrellato por ser protagonista involuntario de alguna película o telefilm de sobremesa que incluya la dichosa frase *basado en hechos reales*. Aunque, desgraciadamente, eso no depende del geólogo.

Tras lo visto... **tengan cuidado ahí fuera.**

Las 10 películas que todo geólogo no debería ver antes de salir al campo

1. **El Proyecto de la Bruja de Blair**: Si la ves no sales del coche.
2. **La matanza de Texas**: No te tomas otro bocadillo de chorizo de pueblo.
3. **Bahía negra**: Cuidadín, cuidadín en los pueblos.
4. **Deliverance**: Es obvio.
5. **Ravenous**: sobre todo si vas a entrar en alguna cueva perdida.
6. **Grizzly**: no todos los animalitos son tiernos.
7. **Viernes 13**: no haces los campamentos de la carrera.
8. **Mararía**: no dejas que te acompañe un simpático paisano.
9. **Los sin nombre**: no vuelves a entrar más en un edificio abandonado.
10. **Fire in the sky**: además de mal pagado, te abducen los marcianos.

El profesor José María Fúster Casas (1923-2000)

José Luis Barrera Morate
Vicepresidente del ICOG.

La última vez que estuve con el profesor Fúster (fig. 1) fue el 21 de diciembre de 1999, celebrando la Navidad en el Departamento de Petrología y Geoquímica (su Departamento) de la Facultad de Ciencias Geológicas de Madrid. Todos los años, por esas fechas, el personal docente y administrativo se congrega entorno a una mesa con canapés y bebidas para celebrar estas fiestas. En aquel momento, su estado de salud era relativamente bueno y nada hacía sospechar que sólo veinticinco días más tarde fallecería.

Era un hombre vehemente que defendía sus principios hasta sus últimas consecuencias. No dudaba en perseguir sus objetivos con todos los medios que tenía a su alcance, para lo cual se preparaba concienzudamente la estrategia a seguir. Decía siempre lo que pensaba abiertamente y era directo en sus planteamientos, lo que no siempre le resultó beneficioso para la consecución de sus objetivos. Trasmitía la sensación de que, a pesar de la contundencia de sus afirmaciones, sólo manifestaba una parte de sus convicciones, lo que le convertía, en ocasiones, en un enigma.

José María Fúster Casas nació a las once de la noche del 14 de noviembre de 1923 en Pozaldez, un pequeño pueblo de la provincia de Valladolid, cercano a Medina del Campo. Fue el segundo hijo de los tres (Julio, José María y Carmen) que tuvo el matrimonio de Julio Fúster, natural de Segovia, y Ana Casas, natural de Valverde del Majano.

Estudió la carrera de Ciencias en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Madrid, licenciándose en la Sección de Naturales en 1945. Desde aquel momento, permaneció en la capital ejerciendo de profesor de universidad en la Facultad de Ciencias. Un año antes se había creado, por influencia del catedrático de Petrología Maximino San Miguel, el Instituto de Investigaciones Geológicas Lucas Ma-

llada, del C.S.I.C., del que Fúster llegó a ser director hasta que fue transformado en otro instituto.

Fue precisamente en la Facultad de Ciencias, cuando estaba ésta en el viejo caserón de la calle de San Bernardo, donde conoció, siendo alumna, a su mujer Elisa Ibarrola, que se convirtió, con los años, en su fiel colaboradora en las tareas de investigación.

En los años 1951, 1956 y 1961 se marchó, junto a su ya mujer, Elisa, a ampliar estudios en Europa. Asistió a los cursos petroquímicos de los profesores Niggli y Burri, en la Escuela Politécnica de Zurich, trasladando luego a Madrid los conocimientos básicos para la instalación de las nuevas técnicas petrográficas (primer viaje) y las de análisis químicos de rocas (segundo viaje).

A la muerte de su profesor y maestro, D. Maximino San Miguel de la Cámara, accedió por oposición a la cátedra de Petrología de la Facultad de Ciencias (Sección de Geológicas), en 1961, de la que se jubiló en 1988, al cumplir los sesenta y cinco años. Después de su jubilación, y a propuesta del Departamento, se le nombró profesor emérito de la Facultad, lo que le permitió continuar su labor docente hasta el año 1997, aunque voluntariamente fuera disminuyendo su actividad en la política interna del Departamento, tanto en su vertiente docente como investigadora.

Toda su carrera profesional la dedicó a la enseñanza e investigación de la petrología ígnea y metamórfica, a través de la Universidad o del Instituto Lucas Mallada, continuando así la labor que había comenzado su maestro D. Maximino. Sus esfuerzos estuvieron dirigidos a la creación de un gran Departamento de Petrología y Geoquímica que tuviera todas las técnicas más avanzadas del momento. Así, se fueron montando los laboratorios de Petrografía, Geoquímica, Paleomagnetismo, Microsonda y



Fig. 1. El profesor Fúster Casas, en enero de 1999 (Archivo de la UCM).

Geocronología, que requerían medios humanos y técnicos importantes. Para dotarlos, no dudo en buscar la financiación allí donde fuera necesario, o enviar algún miembro de su equipo a formarse en otros países, para que, a la vuelta, fueran montándolos con las últimas novedades. Sus esfuerzos de gestión fueron grandes y, aprovechando la sinergia que producía dirigir simultáneamente la cátedra y el Instituto Lucas Mallada, consiguió suficientes plazas de profesores, investigadores y becarios, además de ayudas económicas, como para hacer realidad el objetivo de montar un gran Departamento. Para él, el Departamento era su segunda casa, donde sus colaboradores formaban una gran familia. Todas sus energías las volcaba en la actividad departamental aunque, en los últimos años, su presencia en el despacho ya no era diaria.

Fúster, hombre inquieto y trabajador fue, sin ninguna duda, un gestor y organizador, además de docente e investigador. El crecimiento progresivo del Departamento, le llevó, cada vez más, a ocuparse de su gestión, organización y administración. De una sola cátedra, se pasó a tres: la de Petrología Ígnea y Metamórfica, ocupada por él; la de Petrología Sedimentaria, ocupada por Francisco Mingarro, y la de Geoquímica, ocupada por Alfredo Hernández-Pacheco. En el Lucas Mallada, consiguió plazas de Colaboradores, Investigadores y Profesores de Investigación, que favorecieron enormemente el desarrollo de la investigación geológica. Si lo compara-

mos con lo que sucedía en la España de aquella época, el Departamento de Petrología y Geoquímica de Madrid se convirtió en la «sana envidia» de otras universidades.

Confió mucho en las personas. La misma generosidad y entrega con que actuaba en su ejercicio profesional se la exigía a sus colaboradores. Era, sin duda, un hombre enérgico, exigente y, a veces, contundente. La labor de investigación la concebía de una forma integral: campo, petrografía, geoquímica y otras técnicas, cuando éstas fueron apareciendo. En la actividad docente era duro pero justo. Él mismo se consideraba «tal vez algo hueso».

Sin embargo, su interés y preocupación por seguir avanzando fueron, en ocasiones, demasiado rápidos y por unas vías no del todo sintonizadas con las dotaciones infraestructurales de la Universidad ni con parte de su colectivo humano. La sociedad española se había ya desarrollado económica, cultural y políticamente, y los supuestos de gobierno y gestión que todavía eran válidos en la década de los años 60 y principios de los 70, habían variado. El cambio que trajo el nuevo régimen político de la Democracia al mundo universitario español obligó a reestructurar parte de la institución. La Universidad creció muy rápidamente y la masificación del alumnado hizo difícil su control. El aumento del profesorado y sus condiciones laborales, en algunos de sus escalafones, también presionaron a favor de los cambios, que se fueron sucediendo hasta alcanzar rango de ley. Tanto cambio y tan drástico, Fúster lo veía con alguna reserva, pues no creía que tal como se planteaba el nuevo desarrollo universitario fuera la mejor fórmula para hacerla progresar.

Pero, lo que tal vez no apreciaba en toda su dimensión era la pluralidad de personas, situaciones y opiniones, que hacían del Departamento, y de la Universidad, un complejo mundo de convivencia y gobierno. Este microcosmos, en donde cada vez se iban marcando más las diferencias internas, le empezaba a resultar extraño y fue una de las causas de su alejamiento paulatino de las decisiones colectivas universitarias, a partir de los últimos años de la década de los 80. A pesar de ello, siempre estaba dispuesto a proseguir su tarea investigadora, sus compromisos con la Academia o con cual-

quier otra entidad que solicitaba su colaboración. Así se comportó hasta el último momento, con la misma ilusión y alegría del que recibe su primer encargo profesional.

Su labor profesional fue reconocida por diversas instituciones públicas y privadas, entre las que están la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, que le nombró Académico de número en 1980. Su discurso de ingreso, leído en abril de 1981, no podía tener otro título que el de *Evolución geológica del Archipiélago canario*. También, bajo su dirección, el departamento de Petrología consiguió en 1980 el premio de la Fundación Universidad-Empresa por su destacada labor en la colaboración con las empresas. El premio se entregó en un acto celebrado el 26 de octubre de 1981.

Además de su actividad docente, Fúster también trabajó por encargo con empresas o instituciones del sector geológico-minero y constructivo, en los aspectos de geología aplicada. En muchos de los informes que se le encargaban solían participar algunos de los miembros Departamento, bien por la especificidad del trabajo o por pertenecer a zonas conocidas por ellos.

La actividad como geólogo profesional la comenzó en 1947 cuando la compañía Saltos del Sil, S.A. le solicita la realización de unos informes en Montefurado (Orense), el túnel de Villanuz y la presa de Guistolas. Posteriormente, realizó otro informe para la mina de San Eugenio en Villar del Puerco (Salamanca). En la década de los años 50, ejecutó varios informes sobre los diques de lamprófidos y pórfidos graníticos de Colmenar Viejo, para su utilización como áridos en carreteras y como material de construcción en obras de El Escorial. Varios de estos trabajos eran solicitados por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas. En 1958 y 1960, la empresa C.E.C.A. le encarga un estudio sobre los yacimientos de «perlitas» en la serrata de Nijar. Durante los años 1961-62 realiza informes en la presa de Ribadelago (Zamora). También en 1962 elabora los estudios geológicos para las obras de Portodemouros (río Ulla), por encargo de Hidroeléctrica Moncabril, S.A.

Unos años más tarde, cuando se comienza la construcción del túnel del Guadarrama en la autovía de La

Coruña, Fúster participa activamente en el estudio petrológico de las rocas graníticas que afloraban en la zona. A finales de la década realiza también algunos informes sobre la explotación de rocas industriales en Galicia.

En la década de los 60, el Departamento de Petrología de Madrid, que ya dirigía, comienza el estudio del vulcanismo del SE español (Murcia y Almería). La experiencia acumulada sirvió para que algunas empresas le encargaran informes sobre los minerales caoliníferos de la región y, ADARO, el estudio de los minerales de arcillas industriales en la zona de Rodalquilar.

Años más tarde, el equipo del Departamento, dirigido por él, realiza otros informes para empresas mineras, entre los que se encuentran: *Estudio geológico y petrológico de un sector del Complejo Basal de Fuerteventura*, que se hizo en 1970 para Río Tinto Patiño; *Características petrológicas y geoquímicas de los macizos de rocas ultramáficas de Ronda y Ojén*, realizado para CGS, en 1972. A finales de los años 70, se realizó, para Río Tinto Miñera, un estudio sobre el potencial minero de las sienitas de Toto-Pajara (Fuerteventura) y, en 1981, otro informe de *La descripción de las formaciones geológicas del sector Central de la Sierra del Guadarrama*, para la compañía Billiton.

Pero no todo fueron asistencias técnicas de carácter petrológico para empresas u organismos públicos. También realizó, junto a su equipo de colaboradores, bastantes hojas geológicas de la 1ª y 2ª Series de Cartografía Geológica para el IGME (hoy ITGE) o para las empresas consultoras adjudicatarias del proyecto. En 1958 participa en el equipo técnico que ejecuta las hojas geológicas a escala 1:50.000 de San Lorenzo de El Escorial y Buitrago de Lozoya, y, en 1960, las hojas de Torrelaguna y Cercedilla. En Canarias, donde empezó a trabajar en 1963, se realizaron, entre 1964 y 1968, las cartografías a escala 1:50 000 de Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife, con una síntesis a escala 1:100.000 de las tres islas. También se hizo la síntesis, a esa escala, de la isla de Gran Canaria, quedando pendiente la publicación de los mapas 1:50.000, que nunca se editaron. Su



ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEOLOGOS

Presidente del Gobierno Canario
 Excmo. Sr. D. Manuel Antonio Hermoso Rojas
 Plaza de 25 de Julio, nº 1
 38071-Sta. Tenerife

Madrid, 21 de mayo de 1999

Excmo. Sr.:

Quiero expresar mi solidaridad y la del colectivo que tengo el honor de presidir, con la decisión de su Gobierno de conceder la medalla de Oro del Gobierno Canario a nuestro Ilustre Colegiado D. José M^a Fuster Casas.

José M^a Fuster Casas, es colegiado desde el año 1983 y actualmente ostenta la situación de Senior dentro del colectivo profesional.

Desde su fecha de colegiación y en todos los foros donde ha participado el Sr. Fuster, se ha distinguido por su preocupación en el avance de la geología española, y la dignificación del ejercicio profesional.

Siento no poder asistir al acto de imposición, y ruego trasmita mis felicitaciones al condecorado, por los méritos que en él concurren y a su Gobierno por la acertada decisión de distinguir los méritos de un gran profesional de la geología.

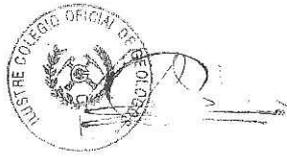
Atentamente,

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEOLOGOS

SALIDA Nº: 188

FECHA: 21-5-99

REF ENTRADA:



Fdo.: Luis E. Suárez Ordóñez
Presidente del ICOG

<p>SEDE CENTRAL Avda. Reina Victoria, 8 - 4.º B Teléf. 91 553 24 03 Fax: 91 533 03 43 28003 MADRID E-mail: icog@icog.es</p>	<p style="text-align: center;">ANDALUCIA</p> <p style="text-align: center;">C/Brasil, 1 dpto. local 2 41013 SEVILLA</p>	<p style="text-align: center;">DELEGACIONES</p> <p style="text-align: center;">ARAGON</p> <p style="text-align: center;">Avda. Tenor Flota, 42 - 1.º - 4.º Teléf. y Fax: 976 37 35 02 50007 ZARAGOZA</p> <p style="text-align: center;">ASTURIAS</p> <p style="text-align: center;">Pérez de Ayala, 3-Esc. Izq. 33007 OVIEDO</p>
---	--	---

Fig. 2. Carta de adhesión del Presidente del ICOG a la concesión de la Medalla de Oro del Gobierno Canario al profesor Fúster.

participación en la 2ª Serie (Plan Magna) para el IGME comenzó a mediados de los años 70. Él y su equipo, realizaron varias hojas a escala 1:25.000 de Tenerife, en colaboración con la empresa ENADIMSA, que era la adjudicataria del proyecto. Igualmente, en 1981, se ejecutaron dos hojas de Fuerteventura (Pájara y Betancuria). Por último, durante el periodo 1984-88, todo el equipo de petrólogos que tenía el Departamento trabajando en el Sistema Central, participó en la ejecución de doce ho-

jas a escala 1:50.000, la mayoría en contratación directa con el ITGE.

Fueron muchos los profesionales que pasaron por el Departamento recabando información petrológica o cartográfica de distintas áreas españolas o africanas (Fúster realizó su tesis doctoral en la colonia española de Guinea). Ese fue otro de los servicios que siempre prestaron Fúster y sus colaboradores a todos los que se acercaban a la Facultad.

A pesar de dedicarse prioritariamente como ejercicio profesional a la

docencia e investigación, se colegió en mayo de 1983, cuando el Colegio de Geólogos estaba aún en sus primeros años de actividad. Tuvo claro que apoyar al colegio profesional era lo mismo que apoyar a la Geología española. En todos los foros donde participó, siempre fue un defensor de la Geología ejercida por geólogos, y así se manifestó públicamente en muchas ocasiones en que fue necesario. Aunque sin una relación intensa con la vida colegial, siempre respondió solícito a cualquier requerimiento que le hacía el colegio. Concretamente, yo le llamé para que participara en la cuarta tertulia del Geoforo, el 27 de abril de 1995, en el tema de *El volcanismo activo en Canarias. El caso del volcán Teneguía*. Ese era su verdadero amor de investigación: el estudio vulcanológico de las Islas Canarias, y ese fue, precisamente, el escenario donde centró sus últimos años de investigación científica. A ese empeño por investigar las Canarias, debemos muchos, entre los que me encuentro, buena parte de nuestra experiencia en el campo de la vulcanología, que nos ha servido más tarde para continuar

como profesionales en el estudio cartográfico y petrológico del archipiélago.

La última relación que tuvo con el ICOG fue en mayo de 1999, con motivo de la concesión de la Medalla de Oro que le hizo el Gobierno Canario por su labor científica en el archipiélago. El presidente del colegio, Luis Suárez, envió una carta de adhesión al entonces Presidente del Gobierno Canario, D. Manuel Hermoso, expresando su solidaridad con la concesión, (fig. 2). Todavía recuerdo la alegría con que me lo comunicó, cuando me lo encontré en el pasillo del Departamento, a los pocos días que le comunicaran la noticia. Estaba rebosante de felicidad como si, por fin, alguien externo reconociera el duro esfuerzo de investigación que había desarrollado durante tanto tiempo en las Islas Canarias. En sus últimos años no había tenido muchos momentos como ese y, para él, esta distinción venía a compensar una parte de las amarguras e incomprensiones que le tocaron vivir a lo largo de su carrera.

Fúster falleció en Madrid el 16

de enero de 2000. Con él desapareció uno de los últimos representantes de la escuela geológica española que tuvo que reorganizar la docencia e investigación después de la Guerra Civil, y uno de los más importantes artífices del desarrollo de la petrología ígnea y metamórfica en España. De su magisterio surgieron (surgimos) muchos de los petrólogos españoles que trabajan actualmente en instituciones públicas o privadas, bien como docentes, investigadores o como profesionales. La historia no podrá nunca negar que Fúster creó escuela.

En la actualidad, los tiempos han cambiado mucho, y la docencia e investigación se rigen por otros parámetros distintos a los de su época. Por eso, en el futuro, el caso de José María Fúster Casas será irreplicable.

Agradecimientos: Elisa Ibarrola, Eumenio Ancochea, Alfredo Hernández-Pacheco, Soledad Fernández Santín, Mercedes Muñoz, José A. de la Peña, Cesar Casquet y Vicente Sánchez Ceta.

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 o 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

Fuerzas de la naturaleza

Desdeñamos los profundos impulsos de la tierra cuando respira o se despereza con toda su corteza abierta en profundas heridas, y nos preguntamos por qué habíamos creído habitar en un mundo rígido, no sabemos qué corazón late en su interior pero no dudamos en trasgredir su integridad mutilando su epidermis desde nuestra inútil prepotencia. Tal vez no sea demasiado tarde para respetar la naturaleza que nos acoge, nos abrumba y nos despedaza sin piedad, tal vez no sea demasiado tarde para encontrar el abrazo que nos reconcilie.

Frágil mundo rígido

Sobrecoge el sudor de tanto vivo recogiendo muertos
 enredados en el hedor de la muerte que no avisa
 voz tenebrosa acompañada de ensordecedor lamento
 Que el fondo de los fondos se desenvuelva,
 que el murmullo desperezado nos arrolle no deja

de sorprendernos

Los entresijos del dolor al fin se mueven y es natural
 cual parto, creador de vida, capaz de desencadenar
 lo inesperado

No sé si puedo olvidar los enterrados en el mar
 de la polvareda y ceñirme al momento y al fenómeno
 cuando montañas de especulación se esparcen
 formando yacimientos de huesos empastados
 Sólo en unos instantes se revela la descarnada verdad
 y hablamos de la cruel onomatopeya en la que vibran
 las erres y con ellas caprichosas capas se deslizan
 sin pedir permiso a nadie, sin aviso, con alevosía
 y casi siempre con nocturnidad, como si la noche fuera
 incapaz de dar la cara, de llorar los invisibles gritos
 De los adentros del mundo emergen rugidos
 y las bocas de todos los seres se secan mientras
 las grietas devoran feroces las margaritas al borde

del camino que ya nunca será recto

Cómo imaginar la inconsistencia de la materia
 que se ablanda y nos deja atónitos desde su
 falta de esencia porque hemos pensado habitar un
 mundo rígido

Línea de costa

Abrazo del cielo y de las aguas, de la tierra
 ceñida bajo el aroma de nubes errantes
 que tocan nuestras manos, línea de desencuentros
 borde cristalino desgarrado y frágil
 Dunar mudado por otros destinos que no son los suyos
 ¿Adónde han ido los húmedos labios
 que duermen mordiendo tu blanca arena?

El agua bruta nos ha desposeído
 de lo que no podía, sólo porque dejamos
 indefensa la mañana quebrando
 en la escollera el ventanuco por el que ya jamás
 entrará el viento

Los brazos que descansan en la mar
 se han amansado y seducidos quedan
 ¡Qué titánico esfuerzo ha poblado de camino
 sus incertidumbres!

Nunca sabremos qué fue de la hermosa línea
 que precedió los sueños del ayer borrado
 y acaso sólo huellas en el fondo
 queden como recuerdo del abrazo

que ya no será

La factura del alegre vivir se nos antoja cara
 cuando del horizonte las tempestades llaman
 y el aguacero se arroja a nuestras puertas
 y del hermoso beso, del dulce abrazo
 no queda nadie, no queda nada

Almudena García-Orea Álvarez

Licenciada en Historia del Arte

Catedrática del I.E.S. Beatriz Galindo de Madrid

La XIV promoción de la Complutense, celebra su XXX aniversario en El Cabril



Arriba, de izquierda a derecha: José Bolado, Juan José Gómez, Jaime Palacio, Fernando González, Alfonso González Ubanell, Carlos Martín Escorza, Rafael Nuche, José Manuel Santolino y Pedro Ruiz.
Abajo, de izquierda a derecha: Isabel Nieto, M^a. José Pellicer, M^a. Paz García y Conchita Forcat.

La promoción XIV de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, ha celebrado su XXX aniversario de una forma un tanto original. El pasado 7 de abril, invitados por ENRESA, realizaron una visita a las instalaciones del almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad de El Cabril (Córdoba). Las

actividades que allí se desarrollan fueron ampliamente explicadas a los asistentes, por el personal de la instalación. Al final de esta interesante jornada degustaron un estupendo almuerzo, servido en la Residencia aneja a las instalaciones. Después de un día inolvidable, cada uno regresó a sus lugares de origen.

La XIX promoción celebra su XXV aniversario en este año

La XIX promoción de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, está preparando actos de conmemoración de su XXV aniversario. Estos actos se iniciarán con una cena prevista en principio para el próximo viernes, 7 de octubre.

Los compañeros de esta promoción pueden ponerse en contacto con el grupo organizador (J. L. Baltuyllé y otros compañeros del ITGE), con el Colegio de Geólogos (ICOG) o con la editorial de esta revista T y T.

La XX promoción prepara su XXV aniversario para el 2001

Un grupo de compañeros geólogos de la XX promoción está preparando con tiempo, la celebración de su XXV aniversario en el mes de junio del 2001. Para ello se están comunicando por varios métodos incluido el correo electrónico. La mayoría ya están localizados y conectados pero nos comunican que quedan algunos ilocalizables. La celebración se

prevé para el mes de junio del próximo año. Poneros en contacto con Javier García-Guinea, Departamento de Geología, Museo de Ciencias Naturales de Madrid (CESIC), C/ José Gutiérrez Abascal, 2, con el Colegio de Geólogos (ICOG) o con la editorial de «Tierra y Tecnología».

Agenda

2.000

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

16 Julio
HUELLAS DE DINOSAURIO
 Info: Fundación del patrimonio paleontológico
 C/ Portillo 3
 Tno: 941396093
 26586 ENCISO (La Rioja).

20 Julio
SISTEMAS PLANETARIOS EN EL UNIVERSO
 Info: Palacio Miramar. 20007 San Sebastián
 Tno. 943219511 Fax: 943219598
 E-mail: suocvupv@su.ehu.es

Agosto
CONFERENCIA MINERA ARGENTINA MINING 2000
 Centro de Congresos Emilio Civit Mendoza (Argentina)
 Fax: 0056(2)2098101
<http://www.mining2000.ar>
 E-mail: rcortes@editec.cl

6-17 Agosto
XXXI CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL
 Río de Janeiro (Brasil)
www.31icg.org
 E-mail: 31icg@31icg.org

11 Septiembre
XI SIMPOSIO SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA.
 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
 Tno: 942201512
 E-mail: seg2000@ccaix3.unican.es

17 Septiembre
VI REUNION NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA
 Info: Fac. C.C. Geológicas.
 Ciudad Universitaria 28040 Madrid
 Tno: 91 3944890 Fax: 91 3944845
 E-mail: alfredog@eucmax.sim.ucm.es

19 Septiembre
IV CONGRESO DEL Terciario
 Tremp (Lérida)
 Tno: 935811603 Fax: 935811263
 Correo: iget@cc.uab.es
Eudald.maestro@uab.es

5-7 Octubre
CONGRESO NACIONAL SOBER GESTION DEL AGUA EN CUENCAS DEFICITERIAS.
 Info: Centro de Investigación del Bajo Segura "Alguibla"
 EPS Univ. Miguel Hernández. Ctra. De Beniel, Km 3.200
 03312 Orihuela (Alicante)
 Tno: 616 812727
 E-Mail: congreso.agua@ctv.es

9 Octubre
XVIII CONGRESO MUNDIAL DE MINERIA. MINEXPO INTERNACIONAL 2000.
 Info: North American Mining Association. Manufacturers and Sevice Division.
 Tno: +1202-4632607
 Fax: 1202-4639799
 Las Vegas (USA).

17 Octubre
XXXXIX CONGRESO NACIONAL DE CERAMICAY VIDRIO.
 Jaca (Huesca)
 Info: Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón CSIC. Universidad de Zaragoza.
 Tno: 976761000 Fax 976761957
 E-mail: Xerman@posta.unizar.es

20 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
 Avda. del Parque 54, Col. Nápoles, 03810 México D.F. Tno:9155230782 Fax: 9155439005
<http://www.aimmgm.org.mx>
 E-mail: correo@aimmgm.org.mx

28 Octubre
IV SESION CIENTIFICA. SIMPOSIO SOBRE PATRIMONIO GEOLOGICO Y MINERO
 Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero.
 Bélmez. Córdoba.
 Info: E.U.I.T. Minera.
 Tno: 9575800 Fax: 957580644
 E-mail: um1losam@lucano.uco.es

27 Noviembre
V CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
 Info: P.A.P.Congresos
 C/ Gil de Ontañón 21, 28027 Madrid
 Tno: 91 3675365 Fax: 91 3774669
<http://www.cofis.es/conama>

6 Diciembre
I CONGRESO ANDALUZ DE ESPELEOLOGIA (RONDA 2000)
 Ronda de Pío XII, 1ª-2ª-15
 41008 Sevilla
 Tno: 954358180 Fax: 954358770
 E-mail: faespe97@arrakis.es
ronda2000@arrakis.es
www.arrakis/-faespe97

2.001
 Septiembre
XIV CONGRESO NACIONAL DE SEDI-MENTOLOGIA. IV COLOQUIO DEL CRETACICO DE ESPAÑA
 Info: Jaen 2.001
 Dpto. de Geología. Campus Universitario Ed. Ciencias Experimentales
 23071 JAEN
 Tno: 953212154 / 953212295
 Fax: 953212141
 E-mail: panuiz@ujaen.es
 E-mail: jmmolina@ujaen.es

Al llegar a la publicación del n^o 20 de la revista Tierra y Tecnología, la dirección actual de ella, ha considerado interesante, y necesario, la confección de un índice general de autores de los veinte primeros números. En él se han reseñado todos los autores que han colaborado con la revista desde su comienzo. Sin embargo, en alguna colaboración no figura autor y se ha decidido reflejarla al comienzo del índice, pero sin denominarla anónima, ya que todas la tuvieron, aunque en el momento presente no sepamos quién fue. Es intención del comité editorial completarla cuando se disponga de los datos necesarios. Por otra parte, aquellas colaboraciones que han sido realizadas por varios autores tienen entradas por cada uno de ellos, con el fin de facilitar su localización.

Por último, el ICOG quiere agradecer, a través de este listado, la colaboración de todos los autores que han hecho posible la edición continuada de nuestra revista.

- . Almacenamientos de residuos radiactivos, (1991) n^o 1 pp. 22-25.
- . Expo 92 - Un año antes, (1991) n^o 1 pp. 46-50.
- . Arquitectura ambiental, (1991) n^o 1 pp. 78-80.
- . Planta de ósmosis inversa en Tenerife, (1991) n^o 1 pp. 82.
- . Sinopsis de la investigación en Aragón, (1991) n^o 2 pp. 26-30.
- . Control económico y efectivo de las emisiones de macropartículas, (1996) n^o 13 pp. 47.
- . Informática, (1995) n^o 10 pp. 75-76.
- . Política ambiental en el sector de rocas ornamentales en Portugal, (1997) n^o 16 y 17 pp. 39-44.
- . I Certamen nacional de fotografía geológica «Emilio Eltzaga», (1998) n^o 18 pp. 44-45.
- . Entrevista al director gerente de Mantenimiento de Infraestructura, de Renfe, Manuel Benegas Capote, (1998) n^o 18 pp. 57-59.
- . Informática, (1995) n^o 11 pp. 69-71.
- . Entrevista a Luis J. González de Vallejo, (1996) n^o 13 pp. 7-09.
- . Curso de introducción a la metodología de evaluación del impacto, Ambiental, (1996) n^o 13 pp. 33-34.
- Alafont, L.S. Editorial, (1995) n^o 11 pp. 5.
- Alafont, L.S. Parque triásico, (1995) n^o 11 pp. 49-53.
- Alcalá, B.; Gutiérrez Gárate, M.; Escorza, C.M. Las publicaciones periódicas españolas sobre geología, (1998) n^o 18 pp. 88-093.
- Alcalá, L.; Martín Escorza, C.; Ordaz, J. Historia «terrestre» de los meteoritos caídos en Cangas de Onís (Asturias), (1999) n^o 19 pp. 38-44.
- Alegre Fidalgo, P.; Chacón Auge, A. J. Impacto hidrogeológico ante la instalación de una planta de reciclaje de R.S.U. en el municipio de Mos (Pontevedra), (1994) n^o 8 pp. 19-25.
- Alegre Fidalgo, P.; Chacón Auge, A. J. Entrevista con el conselleiro de Industria y Comercio de la Xunta de Galicia, (1996) n^o 12 pp. 7-8.
- Alegre Fidalgo, P.; Chacón Auge, A. J.; Iglesias Suárez, J.J. Gestión y Control de Calidad de las aguas subterráneas en Galicia, (1996) n^o 12 pp. 51-56.
- Alvárez Seco, A.; Burillo Panivino F.J. Riesgos geológicos y planificación ambiental, (1991) n^o 1 pp. 16-21.
- Alvarez-Campana Gallo, J. M. La contaminación de las aguas subterráneas en Galicia. Caso del entorno hidrogeológico del río Louro, (1996) n^o 12 pp. 57-66.
- Amor García de Jalón, P.; Díez Criado, R.; Rogel Jorge, I. Comentarios y aspectos técnicos de la gestión medioambiental de canteras en la Isla de El Hierro, (1993) n^o 6 pp. 77-81.
- Andrés Pérez, G.; Campillo, G.; Guitián, F.; Conde Pumpido, R. Caracterización físico-química, mineralógica y tecnológica de arcillas. Aplicación a un yacimiento de la comarca de Ferrol, (1996) n^o 12 pp. 15-20.
- Araujo, J. El patrimonio geológico, (1996) n^o 14 y 15 pp. 50.
- Araujo, J. Divulgación, (1997) n^o 16 y 17 pp. 106.
- Arqued Esquia, V.M. Las unidades hidrogeológicas en la cuenca del Ebro, (1991) n^o 2 pp. 36-40.
- Arribas Herrera, A. La ruta del hombre en la comunidad de Madrid, (1993) n^o 5 pp. 22-26.
- Arribas Herrera, A. Orce: el milagro del tiempo, (1994) n^o 7 pp. 31-39.
- Arribas Herrera, A. ¿El primer habitante de Eurasia?, (1996) n^o 14 y 15 pp. 48-49.
- Arribas Herrera, A. La difusión del registro geológico, (1997) n^o 16 y 17 pp. 104-105.
- Arribas Herrera, A. Esfalerita de Aliva (Cantabria), (1997) n^o 16 y 17 pp. 107.
- Arribas Herrera, A. Nuevos trilobites del carbonífero inferior, (1997) n^o 16 y 17 pp. 107.
- Arribas Herrera, A.; Durán Valsero, J.J. Geodiversidad versus biodiversidad, (1998) n^o 18 pp. 47-48.
- Arrojo Agudo, P.; Sánchez Chóliz, J.; Bielsa Callau, J. Fundamentos para una gestión del agua coherente con un modelo de desarrollo, (1998) n^o 18 pp. 100-104.
- Arteaga Rodríguez, R. La minería y la administración, (1992) n^o 3 pp. 10-11.
- Arthur, R.A.J. Minería y medio ambiente, (1996) n^o 12 pp. 68-69.
- Asensi García-Hernán, Marta. Estudios geológicos y geotécnicos como base para tratamiento de taludes (2000) n^o 20 pp. 49-53.
- Azpeitia, P.P. Sobre intervenciones artísticas en y desde la naturaleza, (1997) n^o 16 y 17 pp. 80-83.
- Baeza Chico, E. Las réplicas en paleontología, (1995) n^o 11 pp. 7-13.
- Baeza Rodríguez-Caro, J.; Vallejo Ordóñez, M. El repuntar de los Balnearios: el caso de Carratraca (Málaga), (1997) n^o 16 y 17 pp. 84-88.
- Baltuille Martín, J.M. III Congreso Geológico de España, (1991) n^o 1 pp. 6-7.
- Baltuille Martín, J.M. Las eurotitulaciones una garantía de calidad profesional en Europa, (1996) n^o 12 pp. 9-13.
- Baltuille Martín, J.M. Los títulos europeos o eurotítulos, (1997) n^o 16 y 17 pp. 57-63.
- Baltuille Martín, J.M. El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Crónica de dos décadas de anda-dura, (1999) n^o 19 pp. 61-62.
- Barrera Morate, J.L. La cartografía geológica en las Islas Canarias, (1993) n^o 6 pp. 27-32.
- Barrera Morate, J.L. ¿Adónde va Tindaya?, (1998) n^o 18 pp. 107-109.
- Barrera Morate, J.L. Centenario del nacimiento de Francisco Hernández-Pacheco (1899-1976), (1999) n^o 19 pp. 45-49.
- Barrera Morate, J.L. El profesor José María Fúster Casas (1923-2000) 2000 n^o 20 pp. 71-74.

- Barrera Morate, J.L.; García-Orea Alvarez, A. *Descubrimientos de las aguas y origen de los baños de La Margarita de Loeches*, (1994) n° 8 pp. 56-62.
- Barrón López, E. *Tipos e interés paleontológico de los microfósiles vegetales*, (1995) n° 11 pp. 15-19.
- Batlle Gargallo, A. *Las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro*, (1991) n° 2 pp. 8-10.
- Beja, I.; Freire, J.L.; Saude, N.; Cupeto, C.A.; Sotto-Mayor, L. *Política ambiental en el sector de rocas ornamentales en Portugal*, (1997) n° 16 y 17 pp. 39-44.
- Bendicho Joven, J. *Optimización de la productividad y minimización de holguras en el pert/CPM*, (1991) n° 1 pp. 58-62.
- Berben, F.M.L.; Mulder, J.P.M.; Van der Spek, A.J.F. *Cierre de las cuencas mareales en el suroeste de Holanda: las consecuencias geomorfológicas y el impacto ambiental*, (1993) n° 4 pp. 55-60.
- Bielsa Callau, J.; Sánchez Chóliz, J.; Arrojo Agudo, P. *Fundamentos para una gestión del agua coherente con un modelo de desarrollo*, (1998) n° 18 pp. 100-104.
- Blasco Herguedas, O. *Apuntes para una visita al gran cañón del Colorado*, (1994) n° 7 pp. 41-46.
- Blasco Herguedas, O. *El Parque Nacional del Bosque Petrificado (EE.UU.)*, (1996) n° 13 pp. 19-23.
- Blasco Herguedas, O.; Rolandi Sánchez-Solís M. *Sobre el nacimiento del Ebro*, (1991) n° 2 pp. 18-24.
- Bodlay, O. *Barcelona ciudad olímpica*, (1991) n° 1 pp. 52-56.
- Bradley, K. *Extracción de yeso en el Reino Unido*, (1994) n° 7 pp. 19-21.
- Browitt, C.W.A. *Predicción de terremotos y protección contra los mismos*, (1993) n° 5 pp. 57-60.
- Burillo Panivino, F.J. *Los elementos geológicos de Aragón como recurso sociocultural*, (1996) n° 14 y 15 pp. 42-45.
- Burillo Panivino, F.J.; Álvarez Seco, A. *Riesgos geológicos y planificación ambiental*, (1991) n° 1 pp. 16-21.
- Busón Buesa, C. *Los museos de historia natural en el ciberespacio*, (1996) n° 13 pp. 49-52.
- Busón Buesa, C. *Informática*, (1996) n° 13 pp. 54-57.
- Busón Buesa, C. *La utilización de internet en la geología*, (1995) n° 10 pp. 68-74.
- Busón Buesa, C. *Multimedia aplicada a las ciencias de la tierra y el medio ambiente*, (1995) n° 11 pp. 62-67.
- Busón Buesa, C. *Software aplicado a las ciencias de la Tierra*, (1996) n° 12 pp. 71-77.
- Busón Buesa, C. *Informática*, (1996) n° 12 pp. 79-81.
- Busón Buesa, C. *El teletrabajo y su posible aplicación en el campo de las ciencias*, (1997) n° 16 y 17 pp. 95-99.
- Busón Buesa, C.; De Mingo Cachón, L.; Pisera de Castro, M^a.T. *Los riesgos de la naturaleza y el mercado asegurador español*, (1993) n° 5 pp. 47-50.
- Calvo, J.P.; Capitán Valluey, J.; Morales Romero, J. *El cerro de los Batallones (Torrejón de Velasco, Madrid) uno de los yacimientos más extraordinarios del terciario de España*, (1995) n° 11 pp. 43-48.
- Calvo Sorando, J. P., Sanz Rubio, E.; Abdul Aziz, H. *Ciclicidad sedimentaria en Olera (Zaragoza): un lugar geológico a proteger y preservar* (2000), n° 20, pp. 17-20.
- Calzada, S. *Un museo de investigación: El Museo Geológico del Seminario de Barcelona*, (1995) n° 11 pp. 59-61.
- Camacho Serna, F. *II Congreso Nacional del Medio Ambiente*, (1994) n° 8 pp. 39-41.
- Camacho Serna, F. *III Congreso Nacional del Medio Ambiente*, (1996) n° 14 y 15 pp. 53.
- Campillo, G.; Guitián, F.; Conde Pumpido, R.; Andrés Pérez, G. *Caracterización físico-química, mineralógica y tecnológica de arcillas, Aplicación a un yacimiento de la comarca de Ferrol*, (1996) n° 12 pp. 15-20.
- Campos Egea, R. *El televisor acústico, una herramienta para el análisis de la fracturación*, (1997) n° 16 y 17 pp. 15-21.
- Campos Egea, R.; Tejero López, R. *Aplicaciones de la medición del campo gravitatorio en geología*, (1999) n° 19 pp. 29-33.
- Caparrini, N.; Miguel, M^a Jesús; Domínguez, S.; Díaz Curiel, J.M. *Determinación automática de las capas paramétricas y de los tramos de diagrafas geofísicas en sondeos*, (1998) n° 18 pp. 78-87.
- Capitán Valluey, J.; Morales Romero, J.; Calvo, J.P. *El cerro de los Batallones (Torrejón de Velasco, Madrid) uno de los yacimientos más extraordinarios del terciario de España*, (1995) n° 11 pp. 43-48.
- Capote, R.; González de Vallejo, L.I. *Editorial (terremotos)*, (1997) n° 16 y 17 p. 4.
- Carbayo Olivares, A. *Ecología del gas natural-cogeneración*, (1995) n° 10 pp. 15-18.
- Carracedo, J.C. *Volcanismo activo y medio ambiente en las Islas Canarias*, (1993) n° 6 pp. 61-70.
- Casas Ruiz, J. *El sector minero español*, (1992) n° 3 pp. 6-9. Casas Ruiz, J. *Criterios de valoración económica de minerales y rocas industriales y sectores de aplicación, (1ª Parte)*, (1994) n° 7 pp. 7-13.
- Casas Ruiz, J. *Criterios de valoración económica de minerales y rocas industriales y sectores de aplicación. (2ª Parte)*, (1994) n° 8 pp. 13-17.
- Casas Ruiz, S. *Recarga artificial del acuífero aluvial del bajo Guadalquivir*, (1995) n° 9 pp. 23-28.
- Castillo Martín, A. *El embalse subterráneo de la Vega de Granada, uno de los más importantes de Andalucía*, (1995) n° 9 pp. 37-42.
- Castillo Martín, A.; Herrera M. J.C. *Los simposios sobre el agua en Andalucía (1981-1986-1991); publicaciones temáticas y cuenca del Guadalquivir*, (1995) n° 9 pp. 51-57.
- Castillo Pérez, E.; Gollonet Fernández de Trespalacios, J. *Estado actual de conocimientos de la hidrogeología en la Cuenca del Guadalquivir*, (1996) n° 13 pp. 36-39.
- Castro Gómez, A.F.; Oñate Parejo, M. *Impacto ambiental y restauración de canteras en Andalucía Oriental*, (1996) n° 14 y 15 pp. 31-34.
- Chacón Auge, A. J. *Editorial*, (1996) n° 12 pp. 5.
- Chacón Auge, A.J.; Alegre Fidalgo, P. *Impacto hidrogeológico ante la instalación de una planta de reciclaje de R.S.U. en el municipio de Mos (Pontevedra)*, (1994) n° 8 pp. 19-25.
- Chacón Auge, A. J.; Alegre Fidalgo, P. *Entrevista con el conselleiro de Industria y Comercio de la Xunta de Galicia*, (1996) n° 12 pp. 7-8.
- Chacón Auge, A. J.; Iglesias Suárez, J.J.; Alegre Fidalgo, P. *Gestión y Control de Calidad de las aguas subterráneas en Galicia*, (1996) n° 12 pp. 51-56.
- Claros Molina, B.; Robles Pérez, C. *Contra el uso de algunos barbarismos*, (1993) n° 5 pp. 9-11.
- Conde Pumpido, R.; Andrés Pérez, G.; Campillo, G.; Guitián, F. *Caracterización físico-química, mineralógica y tecnológica de arcillas. Aplicación a un yacimiento de la comarca de Ferrol*, (1996) n° 12 pp. 15-20.
- Corominas, J. *Geología aplicada a la ingeniería e ingeniería geológica*, (1993) n° 5 pp. 19-21.
- Crespo, V. *Valoración y selección de proyectos mineros*, (1992) n° 3 pp. 48-57.
- Cruz San Julián J.J.; Sanromán Mendizabal, A.; Hidalgo Estévez, M^a.C. *Evolución geoquímica de las aguas subterráneas en una cuenca sedimentaria semiárida*, (1995) n° 10 pp. 39-48.
- Cuchí Oterino, J.A.; Salamero Pelayo, E. *Aspectos geológicos del deporte del barranquismo en Guara (Huesca)*, (1997) n° 16 y 17 pp. 89-94.
- Cupeto, C.A.; Sotto-Mayor, L.; Beja, I.; Freire, J.L.; Saude, N. *Política Ambiental en el sector de rocas ornamentales en Portugal*, (1997) n° 16 y 17 pp. 39-44.
- de Barrio Beato, V.; Garrido Schneider, E.; Rufz Hernández, J.M. *Caracterización de los abastecimientos urbanos en la provincia de Burgos*, (1999) n° 19 pp. 20-28.
- de Bruin, P.J. *El desarrollo de la contaminación del agua subterránea en los Países Bajos*, (1993) n° 4 pp. 43-49.
- de las Llanderas López A.; Perianes Valle, A.; García Isidro, P. *La investigación e innovación como futuro del sector de las rocas ornamentales y materiales de construcción. El INTROMAC*, (1999) n° 19 pp. 70-74.
- de Mingo Cachón, L.; Pisera de Castro, M^a.T.; Busón Buesa, C. *Los riesgos de la naturaleza y el mercado asegurador español*, (1993) n° 5 pp. 47-50.
- del Cerro García-Esteban, J. M^a. *Plan de revitalización de Aranjuez I*, (1991) n° 1 pp. 36-42.
- del Val, J. *Erosión*, (1991) n° 1 pp. 26-27.
- del Valle Cardenete, M.; Herrera Morcillo, J.C.; Martínez Fernández, P. *Delimitación de perímetros de protección en el acuífero de la Vega de Granada. Aplicación a dos sondeos de abastecimiento urbano*, (1996) n° 13 pp. 41-46.
- Delgado Moya, S. *Area Ibérica. Soluciones complementarias*, (1991) n° 2 pp. 32-34.
- Díaz Curiel, J.; Martín Sánchez, D.; Maldonado Zamora, A. *Correlación de sondeos mediante diagrafas*, (1995) n° 10 pp. 49-59.
- Díaz Curiel, J.M.; Caparrini, N.; Miguel, M^a Jesús; Domínguez, S. *Determinación automática de las capas paramétricas y de los tramos de diagrafas geofísicas en sondeos*, (1998) n° 18 pp. 78-87.
- Díaz Muñoz, J. A.; Ruiz Hernández, J.M. *Las aguas minerales en la provincia de Burgos*, (1999) n° 19 pp. 83-91.
- Díez Criado, R.; Rogel Jorge, I.; Amor García de Jalón, P. *Comentarios y aspectos técnicos de la gestión medioambiental de canteras en la Isla de El Hierro*, (1993) n° 6 pp. 77-81.
- Domínguez, S.; Díaz Curiel, J.M.; Miguel, M^a Jesús. *Determinación automática de las capas paramétricas y de los tramos de diagrafas geofísicas en sondeos*, (1998) n° 18 pp. 78-87.
- Duch Martínez, C.; Rodríguez Plaza, M. *Los estudios geotécnicos en infraestructuras ferroviarias*, (1998) n° 18 pp. 64-67.
- Durán Valsero, J.J. *Entrevista a Domingo Ferreira*, (1991) n° 1 pp. 8-15.
- Durán Valsero, J.J. *Agua y medio ambiente*, (1991) n° 1 pp. 28-31.
- Durán Valsero, J.J. *José Ganfornina o el realismo fantástico*, (1996) n° 14 y 15 pp. 46-47.
- Durán Valsero, J.J. *Toda España es Dante's Peak*, (1997) n° 16 y 17 pp. 77.

- Durán Valsero, J.J. *Editorial: Doñana: paraíso e infierno*, (1998) nº 18 pp. 4.
- Durán Valsero, J.J. Angel Martín Serrano: *La plástica del continente blanco*, (1997) nº 16 y 17 pp. 78-79.
- Durán Valsero, J.J.; Arribas Herrera, A. *Geodiversidad versus biodiversidad*, (1998) nº 18 pp. 47-48.
- Escuer Solé, J. *Utilización de los perfiles de sísmica de reflexión profundos en la evaluación de la peligrosidad sísmica, un caso concreto ECORS-Pirineos*, (1994) nº 7 pp. 50-55.
- Fernández Alonso, F. *Los métodos de prospección geofísica aplicados a la exploración de minerales industriales*, (1993) nº 5 pp. 39-46.
- Fernández de la Llave, Francisco. *Túneles de Miravete: geología y geotecnia* (2000), nº 20 pp. 39-46.
- Fernández de Tejada, A. *Los parques nacionales Canarios*. (1993) nº 6 pp. 49-52.
- Fernández Escalante, A.E. *Impacto ambiental del trekking al santuario del Annapurna*, (1994) nº 8 pp. 27-38.
- Fernández Escalante, A.E. *Los aludes, un riesgo natural de alta montaña*, (1998) nº 18 pp. 5-13.
- Fernández Pérez, L. *Aspectos geológicos e hidrogeológicos de la planta y vertedero de residuos tóxicos de Santovenia de Pisuerga (Valladolid)*, (1993) nº 5 pp. 51-56.
- Fernández Pompa, F. *Panorámica de la minería en España a través de la investigación*, (1993) nº 5 pp. 35-38.
- Ferrero Arias, A. *Yacimiento de rocas y minerales industriales en Galicia: su explotación*, (1996) nº 12 pp. 21-31.
- Fraguas, A. *El procedimiento de evaluación de impacto ambiental y sus nuevas perspectivas*, (1998) nº 18 pp. 74-77.
- G. Torga J.M. *Estudios de impacto ambiental* (1991) nº 1 pp. 44-45.
- Gamarra Rocandío, I. *La evaluación del impacto ambiental, una perspectiva desde la administración del Estado*, (1991) nº 2 pp. 52-53.
- García Carballido, M^o.C. *KTB: Un telescopio hacia el interior de la Tierra*, (1996) nº 14 y 15 pp. 22-25.
- García de los Ríos Cobo, J.I. *Las rocas ornamentales de Castilla y León*, (1999) nº 19 pp. 50-57.
- García Isidro, P.; de las Llanderas López A.; Perianes Valle, A. *La investigación e innovación como futuro del sector de las rocas ornamentales y materiales de construcción. El INTROMAC*, (1999) nº 19 pp. 70-74.
- García Santiago, P.A. *Sistemas de información geográfica*, (1994) nº 8 pp. 49-54.
- García-Hernán Gómez, O. *Fernando Marín Castán (Director General de Costas)*, (1999) nº 19 pp. 7-12.
- García-Hernán G., O. *Entrevista con D. José Trigueros Rodrigo (Ilmo. Director General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente)* (2000) nº 20 pp. 7-10.
- García-Hernán Gómez, O. *Cocero, Ángel. Proyecto y obras de consolidación en los acantilados de Tacoronte (Tenerife)* (2000) nº 20 pp. 33-37.
- García-Orea Álvarez, A. *Fuerzas de la naturaleza. Bocas de Vulcano. Lágrimas de cielo* (1999) nº 19 pp. 97.
- García-Orea Álvarez, A. *Fuerzas de la naturaleza. Frágil mundo rígido. Línea de costa*. (2000) nº 20 pp. 75.
- García-Orea Álvarez, A.; Barrera Morate, J.L. *Descubrimientos de las aguas y origen de los baños de La Margarita de Loeches*, (1994) nº 8 pp. 56-62.
- Garrido Schneider, E.; Ruiz Hernández, J.M.; de Barrio Beato, V. *Caracterización de los abastecimientos urbanos en la provincia de Burgos*, (1999) nº 19 pp. 20-28.
- Garzón Heydt, G.; Martínez Goytre, J.; Martínez Gil, J. *La prevención de riesgos naturales. El caso de Biescas*. (1996) nº 14 y 15 pp. 26-30.
- Giménez Moreno, J.; Mariscal, B. *Campo de Dalías: sobreexplotación o desarrollo?* (1993) nº 5 pp. 12-18.
- Gollonet Fernández de Trespalacios, J; Castillo Pérez, E. *Estado actual de conocimientos de la hidrogeología en la Cuenca del Guadalquivir*, (1996) nº 13 pp. 36-39.
- Gonggrijp, G.P. *Monumentos geológicos en Holanda*, (1993) nº 4 pp. 65-67.
- González de Vallejo, L.I.; Capote, R. *Editorial (terremotos)*, (1997) nº 16 y 17 pp. 4.
- González del Pino, A. *Situación de las evaluaciones de impacto ambiental en Canarias*, (1993) nº 6 pp. 53-60.
- González Lastra, J.R. *Entre el cielo y la tierra*, (1997) nº 16 y 17 pp. 23-28.
- González Lastra, J. R. *La evaluación del impacto ambiental en España*. (1999) nº 19 pp. 92-96.
- González Ramón, A.; Martín Machuca, M.; López Geta, J. A.; Mediavilla Laso, C.; Murillo Díez, J.M.; Rubio Campos J.C. *Consideraciones sobre la integración de los acuíferos de la cuenca del Guadalquivir en la planificación hídrica*. (1995) nº 9 pp. 7-21.
- González Ríos, M.J. *El mundo subterráneo en la filatelia: una visión insólita*, (1998) nº 18 pp. 37-43.
- González, I. *Geoarqueología en el Alto Zaire*, (1997) nº 16 y 17 pp. 7-14.
- González, J.; Maceira, H.; Ruiz, J.; Valcarce, R. *Métodos geofísicos en pozos para el estudio hidrogeológico de la Cuenca Sur de La Habana*, (1996) nº 13 pp. 11-18.
- Gonzalo Corral, F. *Situación actual del sector de los minerales industriales en España*, (1993) nº 5 pp. 27-33.
- Grupo Teide. Grupo ZEE *La morfología y el carácter sísmico de los márgenes de la isla de Tenerife*, (1999) nº 19 pp. 13-16.
- Guerrero Serrano, E. *Azara: una hipótesis de impacto meteorítico*, (1997) nº 16 y 17 pp. 51-56.
- Guitián, F.; Conde Pumpido, R.; Andrés Pérez, G.; Campillo, G. *Caracterización físico-química, mineralógica y tecnológica de arcillas. Aplicación a un yacimiento de la comarca de Ferrol*, (1996) nº 12 pp. 15-20.
- Gumiel Martínez, P. *Utilidad y aplicación de nuevas técnicas multidisciplinarias en la exploración de yacimientos minerales*, (1992) nº 3 pp. 12-18.
- Gumiel Martínez, P.; Paredes Bartolomé, C. *Interés de algunas aplicaciones de la geometría fractal en Geología*, (1996) nº 14 y 15 pp. 12-21.
- Gutiérrez Gárate, M.; Martín Escorza, C.; Alcalá, B. *Las publicaciones periódicas españolas sobre geología* (1998) nº 18 pp. 88-93.
- Heijnen, W.J. *La geotecnia en Holanda*, (1993) nº 4 pp. 9-15.
- Hein-Jakob Wasser, C.V. *Predicción de sequías en Indonesia mediante la utilización de parámetros medioambientales*, (1994) nº 8 pp. 43-48.
- Herrera M., J.C.; Castillo Martín, A. *Los simposios sobre el agua en Andalucía (1981-1986-1991); publicaciones temáticas y cuenca del Guadalquivir*, (1995) nº 9 pp. 51-57.
- Herrera Morcillo, J.C.; Martínez Fernández, P.; Del Valle Cardenete, M. *Delimitación de perímetros de protección en el acuífero de la Vega de Granada. Aplicación a dos sondeos de abastecimiento urbano*, (1996) nº 13 pp. 41-46.
- Hidalgo Estévez, M^o.C.; Cruz Sanjuán J.J.; Sanromán Mendizabal, A. *Evolución geoquímica de las aguas subterráneas en una cuenca sedimentaria semiárida*, (1995) nº 10 pp. 39-48.
- Houtgast, G. *La sismicidad en los Países Bajos*, (1993) nº 4 pp. 17-23.
- Iglesias Suárez, J.J.; Alegre Fidalgo, P.; Chacón Auge, A. *J. Gestión y Control de Calidad de las aguas subterráneas en Galicia*, (1996) nº 12 pp. 51-56.
- Jiménez Juan, A.; Sánchez Cabañero, J.G. *Nuevos aspectos normativos sobre criterios sísmicos y geológicos en el emplazamiento de centrales nucleares*, (1994) nº 7 pp. 56-62.
- Jiménez López, A.; Olmos Palomero, T. *Incendios forestales*, (1995) nº 9 pp. 65-69.
- Jiménez Suárez, J. *El Plan Hidrogeológico del Archipiélago Canario*, (1993) nº 6 pp. 7-12.
- Krans, Th. *La explotación de grava y la restauración de las zonas de extracción en los Países Bajos*, (1993) nº 4 pp. 50-54.
- Kroonenberg, S. B. *Mensaje del presidente de la Real Sociedad Holandesa de Geología y Minería*, (1993) nº 4 pp. 5.
- Lahoz Gimeno, J. *La geología a través de los sellos*, (1994) nº 8 pp. 55.
- Lahoz Gimeno, J. *Actividades en el Colegio de Aragón*, (1999) nº 19 pp. 58.
- Lahoz Gimeno, J.; Pocovi Juan, A. *Rasgos geológicos del pirineo aragonés desde el aire*, (1995) nº 10 pp. 19-32.
- Lantinga, W.G.; Visser, J. *La extracción de gas en la zona de los Wadden*, (1993) nº 4 pp. 35-41.
- Leal Pérez, F.; Suárez Ordóñez, L.E. *Los riesgos geológicos en la infraestructura del ferrocarril*, (1998) nº 18 pp. 60-63.
- Linares Girela, L. *Situación actual y perspectivas de los acuíferos de la provincia de Málaga*, (1997) nº 16 y 17 pp. 29-37.
- López Chicano, M.; Pulido Bosch, A. *Importancia de algunos acuíferos carbonatados representativos*, (1995) nº 9 pp. 29-35.
- López Geta, J. A.; Martín Machuca M.; Rubio Campos J.C.; Mediavilla Laso, C.; Murillo Díez, J.M.; González Ramón, A. *Consideraciones sobre la integración de los acuíferos de la Cuenca del Guadalquivir en la planificación hídrica*, (1995) nº 9 pp. 7-21.
- López Hernández, A.; Rolandi Sánchez-Solís, M. *Las calzadas romanas en la Península Ibérica*, (1991) nº 1 pp. 70-76.
- López Martínez, J. *La investigación antártica en Ciencias de la Tierra*, (1996) nº 14 y 15 pp. 5-11.
- López Martínez, N. *Los fósiles, patrimonio natural*, (1995) nº 11 pp. 54-58.
- López Verdini, J.L. *Actuaciones en la costa. Paseo marítimo de Orillamar en La Coruña*, (1996) nº 12 pp. 33-39.
- Maceira, H.; Ruiz, J.; Valcarce, R.; González, J. *Métodos geofísicos en pozos para el estudio hidrogeológico de la Cuenca Sur de La Habana* (1996) nº 13 pp. 11-18.
- Madero Jarabo, J. *Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha: una puerta en el tiempo*, (1999) nº 19 pp. 17-19.
- Maldonado Zamora, A.; Díaz Curiel, J.; Martín Sánchez, D. *Correlación de sondeos mediante diagramas*, (1995) nº 10 pp. 49-59.
- Mangas Viñuela, J.; Pérez Torrado, F.J. *Excursión geoturística por Gran Canaria*, (1993) nº 6 pp. 19-26.
- Mangas Viñuela, J.; Pérez Torrado, F.J. *Mineralizaciones de tierras raras: los com-*

- plejos de rocas plutónicas alcalinas y carbonatitas del complejo basal de Fuerteventura (Islas Canarias), (1993) n° 6 pp. 35-40.
- Mariscal, B. *Condiciones medio ambientales durante la Edad de Bronce en Villaverde- Madrid, según el análisis polínico del yacimiento de Verona*, (1992) n° 3 pp. 70-74.
- Mariscal, B.; Giménez Moreno, J. *Campo de Dalias: ¿sobreeplotación o desarrollo?* (1993) n° 5 pp. 12-18.
- Martín Escorza, C.; Alcalá, B.; Gutiérrez Gárate, M. *Las publicaciones periódicas españolas sobre geología*, (1998) n° 18 pp. 88-93.
- Martín Escorza, C. *El geólogo José Macpherson*, (1994) n° 7 pp. 66-70.
- Martín Escorza, C.; Ordaz, J.; Alcalá, L. *Historia «terrestre» de los meteoritos caídos en Cangas de Onís (Asturias)*, (1999) n° 19 pp. 38-44.
- Martín Ferreres, V. *Itinerario geológico de La Senia-Puertos de Beceite (Fredes)*, (1992) n° 3 pp. 34-37.
- Martín Gómez, A.; Rolandi Sánchez Solís, M. *Consideraciones sobre el funcionamiento hidrogeológico del sector meridional de la Sierra de Mocín*, (1995) n° 9 pp. 44-50.
- Martín Machuca, M.López Geta, J. A.; Rubio Campos J.C.; Mediavilla Laso, C.; Murillo Díez, J.M.; González Ramón, A. *Consideraciones sobre la integración de los acuíferos de la Cuenca del Guadalquivir en la planificación hídrica*, (1995) n° 9 pp. 7-21.
- Martín Moreno, S.; Sánchez Lázaro, T. *Pavimentos tradicionales de las calles de Madrid*, (1999) n° 19 pp. 63-69.
- Martín Sánchez, D.; Maldonado Zamora, A.; Díaz Curiel, J. *Correlación de sondeos mediante diagráfias*, (1995) n° 10 pp. 49-59.
- Martín-Vivaldi Martínez, J. A. *Veinte años después de aquel inolvidable 26/12/78*, (1999) n° 19 pp. 34-35.
- Martínez Fernández, P.; Del Valle Cardenete, M.; Herrera Morcillo, J.C. *Delimitación de perímetros de protección en el acuífero de la Vega de Granada. Aplicación a dos sondeos de abastecimiento urbano* (1996) n° 13 pp. 41-46.
- Martínez Gil, J.; Garzón Heydt, G.; Martínez Goytre, J. *La prevención de riesgos naturales. El caso de Biescas*, (1996) n° 14 y 15 pp. 26-30.
- Martínez Goytre, J.; Martínez Gil, J.; Garzón Heydt, G. *La prevención de riesgos naturales. El caso de Biescas*, (1996) n° 14 y 15 pp. 26-30.
- Martínez Lozano, F.A. *La Geotecnia aplicada a la edificación en la Comunidad Gallega*, (1996) n° 12 pp. 45-50.
- Martínez Parra, M. *La Geología vista por el cine: una interpretación particular*, (1996) n° 14 y 15 pp. 35-41.
- Martínez Parra, M. *Emilio Aragón contra el volcán*, (1997) n° 16 y 17 pp. 076.
- Martínez Parra, M. *La Geología en los cómics de superhéroes* (1998) n° 18 pp. 23-33.
- Martínez Parra, M. *El norte perdido*, (1998) n° 18 pp. 35.
- Martínez Parra, M. *La ciudad no es para mí*, (1998) n° 18 pp. 36.
- Martínez Parra, M. *¡Cuidado con el primo del lagarto Juancho!* (1999) n° 19 pp. 81-82.
- Martínez Parra, M. *¡¡¡Terror en el afloramiento!!! o cómo el cine interpreta los peligros imprevistos* (2000) n° 20, pp. 63-70.
- Meco, J. *Testimonios paleoclimáticos en Fuerteventura* (1993) n° 6 pp. 41-48.
- Mediavilla Laso, C.; Murillo Díez, J.M.; González Ramón, A.; Martín Machuca, M.; López Geta, J. A.; Rubio Campos J.C. *Consideraciones sobre la integración de los acuíferos de la Cuenca del Guadalquivir en la planificación hídrica*, (1995) n° 9 pp. 7-21.
- Meléndez Tercero, R. *La deriva continental: en busca de argumentos paleobotánicos*, (1994) n° 7 pp. 23-29.
- Miguel, M^a Jesús; Domínguez, S.; Díaz Curiel, J.M.; Caparrini, N. *Determinación automática de las capas paramétricas y de los tramos de diagráfias geofísicas en sondeos*, (1998) n° 18 pp. 078-087.
- Millán Labarta, F.C. *La cuenca minera de Teruel. Aspectos geológicos y mineros*, (1995) n° 10 pp. 61-67.
- Mirete Mayo, S. *Minería de capricho*, (1992) n° 3 pp. 20-27.
- Molina Martínez, E. *Micropaleontología aplicada: Historia de una fructífera colaboración*, (1995) n° 11 pp. 21-28.
- Montserrat i Rebull, F.X. *Sustancias contaminantes*, (1991) n° 1 pp. 32-34.
- Morales Romero, J.; Pedro Calvo, J. Capitán Valluey, J. *El cerro de los Batallones (Torrejón de Velasco, Madrid) uno de los yacimientos más extraordinarios del Terciario de España*, (1995) n° 11 pp. 43-48.
- Moreno Sanz, F. *El agua: un recurso aforado para un consumo desahogado*, (1995) n° 10 pp. 7-13.
- Mulder, J.P.M.; Van der Spek, A.J.F.; Berben, F.M.L. *Cierre de las cuencas mareales en el suroeste de Holanda: las consecuencias geomorfológicas y el impacto medio ambiental*, (1993) n° 4 pp. 55-60.
- Muñoz Barco, P. *Los Barruecos, primer monumento natural de Extremadura*, (1997) n° 16 y 17 pp. 69-72.
- Murillo Díez, J.M.; González Ramón, A.; Martín Machuca, M.; López Geta, J. A.; Mediavilla Laso, C.; Rubio Campos J.C. *Consideraciones sobre la integración de los acuíferos de la Cuenca del Guadalquivir en la planificación hídrica*, (1995) n° 9 pp. 07-21.
- Niñerola Pla, S. *CGS en la investigación de las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro*, (1991) n° 2 pp. 48-51.
- Octavio de Toledo Ubieto, F. *Actuaciones hidrogeológicas del Servicio Geológico en la Cuenca del Ebro*, (1991) n° 2 pp. 42-47.
- Olmos Palomero, T. *Influencias climáticas y aspectos físicos del terreno en los procesos de erosión*, (1995) n° 9 pp. 59-64.
- Olmos Palomero, T. *Panorama edáfico de la Comunidad de Madrid*, (1996) n° 13 pp. 25-31.
- Olmos Palomero, T.; Jiménez López, A. *Incendios forestales* (1995) n° 9 pp. 65-69.
- Oñate Parejo, M.; Castro Gómez, A.F. *Impacto ambiental y restauración de canteras en Andalucía Oriental*, (1996) n° 14 y 15 pp. 31-34.
- Ordaz, J.; Alcalá, L.; Martín Escorza, C. *Historia «terrestre» de los meteoritos caídos en Cangas de Onís (Asturias)*, (1999) n° 19 pp. 38-44.
- Ordóñez Delgado, S. *El geólogo José Royo Gómez*, (1994) n° 8 pp. 63-65.
- Ordóñez Delgado, S. *La enseñanza universitaria de la geología en el XX aniversario del ICOG*, (1999) n° 19 pp. 59-60.
- Ordóñez, J.L. *Entrevista a Emilio Custodio Gimena: director general del ITGE*, (1997) n° 16 y 17 pp. 65-68.
- Ordóñez, J.L. *Alejandro Gil Díaz, director general del agua de Castilla-La Mancha*, (1998) n° 18 pp. 53-56.
- Orozco y Román. *Primer centro español de energía solar* (1991) n° 1 pp. 64-68.
- Ortega, L. I.; Cano, I. *La restauración ambiental del cargadero mineral de Valdemusa (Huelva)* (2000) n° 20, pp. 13-16.
- Palacio Suárez, J. *Cavidad kárstica y playa de Gulpiyuri (Asturias)*, (1997) n° 16 y 17 pp. 73-75.
- Palacio Suárez, J. *Patrimonio geológico de Ibiza, divulgación y utilización. Las rutas del halcón*, (1998) n° 18 pp. 15-22.
- Palacio Suárez, J. *El «Garum»: facies y gastronomía*, (1998) n° 18 pp. 114.
- Pampliega, E.; Parro, A. *Una visita a la cueva del Reguerillo*, (1991) n° 2 pp. 54-55.
- Paredes Bartolomé, C.; Gumiel Martínez, P. *Interés de algunas aplicaciones de la geometría Fractal en Geología*, (1996) n° 14 y 15 pp. 12-21.
- Parro, A.; Pampliega, E. *Una visita a la cueva del Reguerillo*, (1991) n° 2 pp. 54-55.
- Peiró Pastor, J.R. *Caracterización geotécnica de los materiales volcánicos del archipiélago canario*, (1997) n° 16 y 17 pp. 45-49.
- Pérez Torrado, F.J.; Mangas Viñuela, J. *Excursión geoturística por Gran Canaria*, (1993) n° 6 pp. 19-26.
- Pérez Torrado, F.J.; Mangas Viñuela, J. *Mineralizaciones de tierras raras: los complejos de rocas plutónicas alcalinas y carbonatitas del complejo basal de Fuerteventura (Islas Canarias)*, (1993) n° 6 pp. 35-40.
- Pérez-Lorente, F. *¿Icnitas de dinosaurio?*, (1995) n° 11 pp. 29-33.
- Perianes Valle, A.; García Isidro, P. de las Llanderas López A. *La investigación e innovación como futuro del sector de las rocas ornamentales y materiales de construcción. El INTROMAC*, (1999) n° 19 pp. 70-74.
- Piñero Coronel, A. *Sellos y aniversarios*, (1994) n° 7 pp. 48-49.
- Pisera de Castro, M^a T.; Busón Buesa, C.; De Mingo Cachón, L. *Los riesgos de la naturaleza y el mercado asegurador español*, (1993) n° 5 pp. 47-50.
- Pocovi Juan, A.; Lahoz Gimeno, J. *Rasgos geológicos del Pirineo aragonés desde el aire* (1995) n° 10 pp. 19-32.
- Potenciano de las Heras, A. *Inundaciones históricas en Consuegra (Toledo)*, (1998) n° 18 pp. 68-73.
- Pulido Bosch, A.; López Chicano, M. *Importancia de algunos acuíferos carbonatados representativos*, (1995) n° 9 pp. 29-35.
- Pumarega Lafuente, J.C. *Control geológico en perforaciones petrolíferas (Mud Logging)*, (1994) n° 8 pp. 7-10.
- Rábano, I. *Historia de una piedra*, (1997) n° 16 y 17 pp. 100-102.
- Ranz Villarino, L.; Valero Capilla, A. *Hacia una contabilidad energética del capital mineral de la Tierra*, (1998) n° 18 pp. 94-99.
- Regueiro, M. *Los minerales industriales en la vida cotidiana*, (1998) n° 18 pp. 112-113.
- Ribera Urenda, F. *La modelización de yacimientos y su aplicabilidad en la prospección*, (1995) n° 10 pp. 35-38.
- Rivera Navarro, S. *La distribución comercial de las rocas industriales. Productos de consumo* (1992) n° 3 pp. 40-47.
- Robles Pérez, C.; Claros Molina, B. *Contra el uso de algunos barbarismos* (1993) n° 5 pp. 9-11.
- Rodríguez Láiz, A.J. *Situación actual del sector de la piedra natural y tendencias de futuro*, (1994) n° 7 pp. 15-17.
- Rodríguez Losada, J.A. *Itinerario geológico por Tenerife*, (1993) n° 6 pp. 13-18.
- Rodríguez Plaza, M.; Duch Martínez, C. *Los estudios geotécnicos en infraestructuras ferroviarias*, (1998) n° 18 pp. 64-67.

- Rodríguez, P. *Distrito de Mazarrón -Zn + Pb + Ag-*, (1992) nº 3 pp. 28-33.
- Rodríguez Fernández, Luis Roberto. *Actualidad y futuro de los mapas geológicos del ITGE* (2000) nº 20 pp. 21-30.
- Rogel Jorge, I.; Amor García de Jalón, P.; Díez Criado, R. *Comentarios y aspectos técnicos de la gestión medioambiental de canteras en la Isla de El Hierro*, (1993) nº 6 pp. 77-81.
- Rolandi Sánchez-Solís, M. *La geología y la mitología: El Medio Natural y el lugar sagrado*, (1991) nº 2 pp. 56-61.
- Rolandi Sánchez-Solís, M. *Apuntes históricos sobre la minería y la metalurgia antigua del sureste peninsular* (1992) nº 3 pp. 58-69.
- Rolandi Sánchez-Solís, M. *Apuntes históricos sobre la minería y la metalurgia antigua en el suroeste peninsular*, (1993) nº 5 pp. 61-73.
- Rolandi Sánchez-Solís, M. *Dinosaurios hasta en los sellos*, (1993) nº 6 pp. 33-34.
- Rolandi Sánchez-Solís, M. *Apuntes históricos sobre la minería y la metalurgia antigua del sureste peninsular. III* (2000) nº 20 pp. 55-62.
- Rolandi Sánchez-Solís, M.; López Hernández, A. *Las calzadas romanas en la Península Ibérica*, (1991) nº 1 pp. 70-76.
- Rolandi Sánchez-Solís M.; Blasco Herguedas, O. *Sobre el nacimiento del Ebro*, (1991) nº 2 pp. 18-24.
- Rolandi Sánchez-Solís, M.; Martín Gómez, A. *Consideraciones sobre el funcionamiento hidrogeológico del sector meridional de la Sierra de Moclín*, (1995) nº 9 pp. 44-50.
- Rubio Campos J.C.; Mediavilla Laso, C. Muriello Díez, J.M.; González Ramón, A. Martín Machuca, M.; López Geta, J. A. *Consideraciones sobre la integración de los acuíferos de la Cuenca del Guadalquivir en la planificación hídrica*, (1995) nº 9 pp. 7-21.
- Ruiz Hernández, J.M.; de Barrio Beato, V.; Garrido Schneider, E. *Caracterización de los abastecimientos urbanos en la provincia de Burgos*, (1999) nº 19 pp. 20-28.
- Ruiz Hernández, J.M.; Díaz Muñoz, J. A. *Las aguas minerales en la provincia de Burgos*, (1999) nº 19 pp. 83-91.
- Ruiz, J.; Valcarce, R.; González, J.; Maceira, H. *Métodos geofísicos en pozos para el estudio hidrogeológico de la Cuenca Sur de La Habana*, (1996) nº 13 pp. 11-18.
- Salamero Pelay, E.; Cuchi Oterino, J.A. *Aspectos geológicos del deporte del barranquis-*
- mo en Guara (Huesca)*, (1997) nº 16 y 17 pp. 89-94.
- Sánchez Cabañero, J.G.; Jiménez Juan, A. *Nuevos aspectos normativos sobre criterios sísmicos y geológicos en el emplazamiento de centrales nucleares* (1994) nº 7 pp. 56-62.
- Sánchez Chóliz, J.; Bielsa Callau, J.; Arrojo Agudo, P. *Fundamentos para una gestión del agua coherente con un modelo de desarrollo*, (1998) nº 18 pp. 100-104.
- Sánchez Ocaña, R. *El agua, fuente de vida... y de muerte* (1997) nº 16 y 17 pp. 118.
- Sandoval, J. *Bioestratigrafía: Aspectos conceptuales e interés biocronológico de los amonoides*, (1995) nº 11 pp. 35-41.
- Sanromán Mendizabal, A.; Hidalgo Estévez, M.ª.C.; Cruz San Julián, J.J. *Evolución geológica de las aguas subterráneas en una cuenca sedimentaria semiárida*, (1995) nº 10 pp. 39-48.
- Sansón Cerrato, J. *Riesgos Naturales en Canarias*, (1993) nº 6 pp. 71-76.
- Sapalsky Roselló, C. *Gemología, una ciencia en alza*, (1999) nº 19 pp. 76-79.
- Sarasa Broset, A. *Una reflexión sobre el momento actual de la hidrogeología en la cuenca del Ebro*, (1991) nº 2 pp. 12-16.
- Saude, N.; Cupeto, C.A.; Sotto-Mayor, L.; Beja, I.; Freire, J.L. *Política Ambiental en el sector de rocas ornamentales en Portugal*, (1997) nº 16 y 17 pp. 39-44.
- Schelvis, J. *Restos de ácaros como indicadores medioambientales en estudios cuaternarios*, (1993) nº 4 pp. 75-77.
- Sequeiros, L. *Geología y política: Casiano de Prado y Valle*, (1797-1866) (1996) nº 14 y 15 pp. 51-52.
- Smit, J. *El impacto de un meteorito en Chicxulub (Yucatán) hace 65 millones de años: datos procedentes de España y consecuencias para la vida terrestre*, (1993) nº 4 pp. 78-85.
- Sotto-Mayor, L.; Beja, I.; Freire, J.L.; Saude, N.; Cupeto, C.A. *Política Ambiental en el sector de rocas ornamentales en Portugal*, (1997) nº 16 y 17 pp. 39-44.
- Stanley, C.J. *Investigación de minerales metálicos en el museo de Historia Natural*, (1994) nº 7 pp. 63-65.
- Suárez Ordóñez, L.E. *Entrevista a D. Antonio Lozano del Moral*, (1993) nº 5 pp. 6-8.
- Suárez Ordóñez, L.E. *Los deslindes de las secciones en la Ley de Minas*, (1994) nº 7 pp. 71-73.
- Suárez Ordóñez, L.E. *La nueva regulación jurídica de la sección A) de la Ley de Minas*, (1995) nº 10 pp. 77-78.
- Suárez Ordóñez, L.E. *La competencia profesional en las aguas subterráneas*, (1995) nº 11 pp. 72-78.
- Suárez Ordóñez, L.E. *Las competencias profesionales del geólogo*, (1997) nº 16 y 17 pp. 108-109.
- Suárez Ordóñez, L.E. *Las competencias profesionales del geólogo derivadas de título de Licenciado en Geología (y II)*, (1998) nº 18 pp. 105-106.
- Suárez Ordóñez, L.E. *De profesores de enseñanza media a ingenieros geólogos*, (1999) nº 19 pp. 36-37.
- Suárez Ordóñez, L.E.; Leal Pérez, F. *Los riesgos geológicos en la infraestructura del ferrocarril* (1998) nº 18 pp. 60-63.
- Taboada Castro, J. *Control de las voladuras de desmonte de la ladera deslizada sobre el P.K. 317 de la línea férrea Palencia - La Coruña* (1996) nº 12 pp. 41-44.
- Tejero López, R.; Campos Egea, R. *Aplicaciones de la medición del campo gravitatorio en geología*, (1999) nº 19 pp. 29-33.
- Valcarce, R.; González, J.; Maceira, H.; Ruiz, J. *Métodos geofísicos en pozos para el estudio hidrogeológico de la Cuenca Sur de La Habana* (1996) nº 13 pp. 11-18.
- Valero Capilla, A.; Ranz Villarino, L. *Hacia una contabilidad energética del capital mineral de la Tierra*, (1998) nº 18 pp. 94-99.
- Vallejo Ordóñez, M. *Una nueva aportación al estudio de la obra de Juan Vilanova y Pitarra*, (1998) nº 18 pp. 49-51.
- Vallejo Ordóñez, M.; Baeza Rodríguez-Caro, J. *El repuntar de los Balnearios: el caso de Carratraca (Málaga)*, (1997) nº 16 y 17 pp. 84-88.
- Van der Kroef, D. *La Fundación para investigaciones geocientíficas NWO: una perspectiva nacional* (1993) nº 4 pp. 69-74.
- Van der Spek, A.J.F.; Berben, F.M.L.; Mulder, J.P.M. *Cierre de las cuencas mareales en el suroeste de Holanda: las consecuencias geomorfológicas y el impacto medioambiental*, (1993) nº 4 pp. 55-60.
- Van Doorn, D. *Petróleo y gas en el subsuelo profundo de Holanda* (1993) nº 4 pp. 25-33.
- Van Loon, L.J.M. *El almacenamiento subterráneo de calor para la Universidad de Utrecht*, (1993) nº 4 pp. 61-64.
- Visser, J.; Lantinga, W.G. *La extracción de gas en la zona de los Waden*, (1993) nº 4 pp. 35-41.
- Woolley, A. R. *Estudio de las carbonatitas elucídaria. Incógnitas sobre elementos raros*, (1992) nº 3 pp. 38-39.

COLEGIO DE GEOLOGOS

Horario (Sede Madrid)

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

Avda. Reina Victoria, 8-4º B, 28003 MADRID

Teléfono 915 532 403

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:

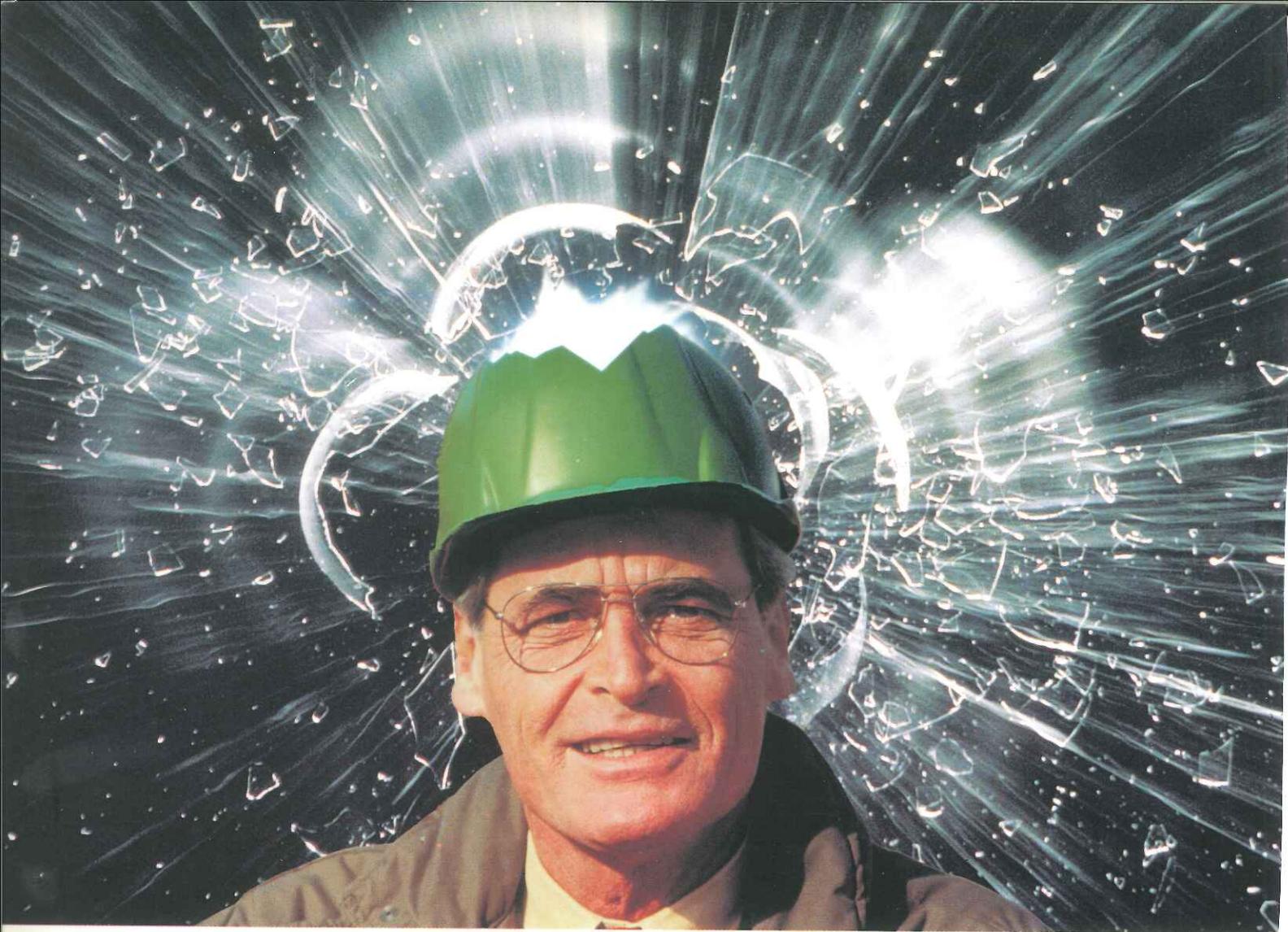


Desde 15.000 Ptas.(*) al mes.

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.





SI LE HABLAN DE EXPLOSIVOS, QUE NO EXPLOTEN SU BUENA FE.

En este negocio es muy fácil saber quién es quién.

Se dispone o no se dispone de 54 depósitos comerciales en España.

Se tienen o no se tienen 12 plantas de fabricación en España.

Se garantiza o no se garantiza la invariable fiabilidad de los productos.

Se es o no se es capaz de llegar hasta el último rincón.

Se llevan o no se llevan 100 años en el mercado español.

Garantizamos soluciones eficaces e inmediatas, dondequiera que se precisen.



**UNIÓN
ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS**