Tierra y Tecnología

REVISTA DE ACTUALIDAD E INFORMACIÓN GEOLÓGICA

NÚMERO 25

SAR D. Felipe de Borbón, nombrado Geólogo Honorífico

Las Arcillas Azules del Guadalquivir

Paleosismología: el conocimiento de las fallas activas y los terremotos

La aportación del Departamento de Petrología de la Universidad de Leiden en Galicia

Descontaminación de suelos mediante técnicas de aireación 'in situ'



DICIEMBRE 2008

MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA RENFE



Millones de metros cúbicos de balasto dan sujección 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 .



- ✓ 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: mtoinfra@renfe.es

● seguridad ● calidad ● fiabilidad ● disponibilidad

Tierra y Tecnología
REVISTA DE ACTUALIDAD E INFORMACIÓN GEOLÓGICA

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

Administración y Redacción
Avda. de Reina Victoria, 8-4.º B
28003 MADRID
Teléfono: 915 532 403
icog@icog.es - www.icog.es

COMITÉ EDITORIAL
Editor Principal
J. L. Barrera Morate

Colaboradores
Julio Hernán Gómez
Marc Martínez Parra
Álvaro García García
Juan Pablo Pérez Sánchez
Carlos Martín Escorza

Corresponsales
Luis Alfonso Fernández Pérez (Asturias)
Andrés Pocovi Juan (Aragón)
Antonio Jesús García (Andalucía)

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

Diseño y Composición
TECNA, SL
Tel.: 915 780 226. Fax: 915 780 248
www.tecna.org

Imprenta
Grafistaff, SL

Fotos de Portada
Enrique de la Montaña Andrés
"La Rotación de la Tierra",
Jesús Rodríguez Jurado, "Estampa costumbrista de investigación Geotécnica Matritense"

ISSN: 1131-5016
Depósito legal: M. 10.137-1992

Tierra y Tecnología mantiene contactos con numerosos profesionales de las Ciencias de la Tierra y disciplinas conexas para la evaluación de los artículos de carácter científico o innovador que se publican en la Revista.

Los trabajos publicados expresan exclusivamente la opinión de los autores y la Revista no se hace responsable de su contenido.

En lo relativo a los derechos de publicación, los contenidos de los artículos podrán reproducirse siempre que se cite expresamente la fuente.

SUMARIO / Nº 25 - diciembre 2003

Editorial 4

SAR D. Felipe de Borbón, nombrado Geólogo Honorífico por el ICOG
J. L. Barrera Morate 6

Panorama de las Aguas Minerales en la Región de Murcia
Silvio Castaño Castaño 14

El Balneario de Fuente Santa, Asturias (1847-1936). *Alejandro Álvarez Calleja* 15

El comportamiento geotécnico de las Arcillas Azules del Guadalquivir
Meaza Tsige 19

Revista Historia Natural. *Carlos Martín Escorza* 26

Paleosismología: una herramienta fundamental para el conocimiento de las fallas activas y los terremotos. *Juan Miguel Insua Arévalo, Fidel Martín-González, Ramón Capote, José J. Martínez-Díaz* 27

La aportación del Departamento de Petrología de la Universidad de Leiden en las investigaciones geológicas de Galicia (1955-1977)
Peter Floor, Charles E. S. Arps 37

Comportamiento de la descontaminación de suelos afectados por hidrocarburos mediante técnicas de aireación 'in situ'
Esther Maroto Arroyo 47

El subsuelo de Gijón. *Luis Miguel Rodríguez Terente* 54

El primer cuarto de siglo de Llull. *Mariano Hormigón* 55

Aportaciones de la georresistividad al conocimiento geológico del entorno de la Cueva de Maltravieso (Cáceres)
Francisco Javier Pérez Amo, Eduardo Rebollada Casado 57

Breve historia de la minería de los metales en la Comunidad de Madrid
Luis Jordá Bordehore 63

El agua dulce, estrella de cine. *Marc Martínez Parra* 69

El riesgo de automedicarse. *Carmen Cavero* 81

Guía geológica del Parque Natural de Monfragüe
Eduardo Rebollada Casado 82

Proyecto de abastecimiento de agua potable. República de Mali
Ángel Carvayo 83

El horno alfarero más antiguo de Castilla-La Mancha
Mª Ángeles Perucha 87

Fonelas P-1, un bestiario revolucionario en el Plio-Pleistoceno ibérico
Guiomar Garrido Álvarez 89

I Centenario de Vasily Vasilyevich Dokuchayev (1846-1903)
José Manuel Ontañón 92

17º Congreso Internacional sobre minerales industriales 94

Acta del Jurado del VI Concurso de Fotografía Emilio Elizaga 98

Editorial

El Plan MAGNA terminó ¡Viva el Plan MAGNA!

Lo que para la mayoría de los ciudadanos es una noticia intranscendente, o de escaso interés, como la terminación del Plan MAGNA (Mapa Geológico Nacional) para el mundo de la Geología española es, sin duda, una gran noticia. Y es especialmente importante, porque a pesar del desconocimiento que tiene la sociedad española de lo que es un mapa geológico y, lo que es más grave, del desconocimiento que también tienen muchos técnicos y cargos públicos que, por su tarea cotidiana, deberían conocerlo, felizmente se ha completado. Eso se puede explicar, en parte, por los déficits estructurales de la educación secundaria y superior españolas en las que la Geología es la gran ausente, en contraste con los países de nuestro entorno. El mérito de los geólogos españoles estriba en acabar una cartografía tan especializada como la geológica, a pesar de los presupuestos tan ajustados con que se ha realizado durante toda su andadura.

Desde que en el siglo XIX se comenzó, en un primer intento, con la tarea de cartografiar la geología de España, siempre ha resultado arduo y difícil convencer a los responsables económicos de turno de su utilidad y de asignar dotaciones presupuestarias dignas de tan magno proyecto. A nadie se le oculta lo eximio que, en ocasiones, ha resultado el presupuesto de ejecución de las hojas, lo que ha llevado a una cierta frustración entre algunos geólogos que veían en el plan una oportunidad inmejorable para conocer mejor el terreno. Pero quizás la sociedad española debiera saber que, en esto de la Cartografía Geológica, España ocupa un lugar preferente en el mundo, ya que es de los pocos países que dispone actualmente de un mapa geológico nacional completo a dos escalas (1:25 000 en las islas y 1:50 000 en el resto del país) con cobertura nacional. Son 1164 hojas que reflejan un sueño hecho realidad en la historia de la Geología en España.

Cuando en los años 1970-71 el IGME decide abordar la ejecución del Plan MAGNA, un sentimiento de esperanza recorrió al colectivo de geólogos españoles. Según las normas que se redactaron para su ejecución, la tareas y temáticas que había que considerar eran muchas y el Plan suponía una gran oportunidad de trabajo para los geólogos. Realmente así fue. En su realización participaron profesionales, especialistas de las universidades y centros de investigación, además de diversas empresas que crearon equipos específicos de geólogos para su ejecución. Hubo trabajo y oportunidades para todos. Como ya manifesté en otra ocasión, "El MAGNA debe mucho a los geólogos y los geólogos le deben mucho al MAGNA"

El MAGNA ha sido una forma de hacer buenos profesionales de la cartografía geológica, de esos que hoy se echan tanto en falta. También ha sido un magnífico proyecto infraestructural para el país, que lo ha utilizado en sectores como obra civil, hidrología, agricultura, riesgos geológicos, medio ambiente, recursos naturales, entre otros. Sin embargo, el proceso de ejecución ha sido más largo de lo deseado, pues de los 16 años previstos se ha pasado a 30. Igualmente está siendo lenta la tarea de edición. Lástima que para poder utilizar algunas hojas haya que espera hasta 10 años o más a que se editen. Sería deseable que esto no fuera así y que se habilitasen los medios suficientes para que los mapas estén disponibles en tiempos más cortos. El MAGNA no se merece ese trato. Al menos, eso es lo que pensamos algunos. Nos consta que los regidores actuales de la Dirección de Geología del IGME así lo han entendido y han intentado poner remedio a tan mejorable situación. Históricamente, la edición de los mapas geológicos casi siempre ha sufrido retrasos. El propio Casiano de Prado, encargado de la confección de esta cartografía a mediados del siglo XIX, en la Junta de Estadística, dimitió en 1861 por la falta de apoyo político para continuar con el proyecto y por no editarse el trabajo ya existente.

La finalización del MAGNA es un hecho histórico, y lo es aun más porque es la primera vez que se termina, después de otras dos intentonas fallidas. A la tercera va la vencida. También es histórico por la constancia que ha regido sus 30 años de ejecución y el saber hacer correcciones de procedimiento cuando la heterogeneidad de información dificultaba las comparaciones de hojas. Después del análisis de resultados de los primeros ocho años de desarrollo, el modelo de ejecución original se modificó en 1980 para adaptarlo a los nuevos criterios. En un país que tiene por costumbre cambiar las políticas presupuestarias cada vez que cambia el Gobierno, mantener un plan puramente técnico durante tanto tiempo, con la misma voluntad de principio a fin, es simplemente, histórico. Claro que a uno le queda la duda si la continuidad del plan se debió a lo intrascendente que era para los políticos de turno, o a que, alguien, en algún lugar y en algún momento, pensó que era un gran proyecto infraestructural y que era necesaria su ejecución. Esto último es lo que, al menos, les debió parecer a los responsables del IGME que, por encima de ideologías y gobiernos, han sabido aguantar hasta el final. Y digo bien lo de aguantar pues, fuera de nuestra esfera técnica, el interés por el Plan MAGNA parece que ha sido escaso.

Pero el conocimiento geológico del territorio español no se ha terminado. Aun queda mucho por saber. Solo conocemos la epidermis del mismo y, en ocasiones, no de manera satisfactoria. Causas diversas han hecho que unas zonas se conozcan mejor que otras. Las nuevas técnicas de prospección, vías de comunicación, imágenes en color de mayor resolución y modelos digitales del terreno, entre otros, permiten observar hoy aspectos geológicos de primer orden que antes nos fueron negados. No hay que olvidarse también que la realización de un buen mapa geomorfológico, de los que se ven todavía pocos, supone un base indispensable para el entendimiento de la geología de una zona. Lástima que todavía haya tan pocos técnicos que sepan apreciarlo, pues su disposición aceleraría el conocimiento geológico de muchos aspectos que han quedado oscuros. Estas nuevas fuentes de observación, unidas a los nuevos modelos geológicos, las prospecciones e investigaciones geofísicas y los datos de sondeos, que tanto proliferan en esta era de los estudios geotécnicos, son las herramientas base de un nuevo mapa geológico nacional. Su representación digital y la confección con ella del "MAGNA continuo" a cualquier escala, con acceso comercial por internet, marcan el claro futuro de esta sin igual fuente de información geológica. Por eso, la revisión sistemática de las hojas MAGNA (recientemente comenzada con acierto por el IGME) es una tarea que no debe paralizarse. Son cada vez más los sectores que demandan un buen conocimiento geológico del terreno y, sobre todo, que pueda estar disponible en formatos digitales. El IGME y los geólogos tiene todavía mucha tarea por hacer. El Plan MAGNA ha finalizado. ¡Viva el Plan MAGNA!

GEO TIERRA
Ciencias Naturales

Centro especializado en Ciencias Naturales



Mapas
Fósiles
Minerales
Rocas
Conchas
Insectos
Astronomía
Orientación
Telescopios

Globos terráqueos
Libros
Revistas
Martillos de geólogo
Cajas entomológicas
Peanas y soportes
Lupas
Microscopios
Binoculares

Descuentos especiales para colegiados

GEOTIERRA Ciencias Naturales, S.L.
Guzmán el Bueno, 41
28015 Madrid

Tel-fax: 91 549 06 84
E-mail: info@geotierra.com
www.geotierra.com

Su Alteza Real D. Felipe de Borbón, Príncipe de Asturias, nombrado Geólogo Honorífico por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

José Luis Barrera

Geólogo
Vicepresidente 1º del ICOG

La distinción le fue entregada en el transcurso de la audiencia que don Felipe concedió a una amplia representación del ICOG, el pasado 10 de septiembre de 2003, y que tuvo lugar en el Palacio de la Zarzuela de Madrid.

Como es costumbre en el Colegio, la Junta de Gobierno, en la sesión anterior a la Asamblea General anual, aprueba las distinciones que deben ser comunicadas a dicha asamblea para su ratificación. Así, en su sesión de abril, el ICOG aprobó nombrar Geólogo Honorífico a don Felipe de Borbón, Príncipe de Asturias. Junto con ese nombramiento también se distinguió como Colegiado de Honor a Juan Luis García Acedo y, como Miembro de Honor, al geólogo norteamericano Walter Álvarez. En abril de 2003, la Asamblea General del ICOG ratificó por unanimidad todas las distinciones.

El nombramiento del Príncipe como Geólogo Honorífico estaba justificado por su posición favorable en la defensa del medio ambiente y del patrimonio geológico. Son conocidas sus participaciones en series televisivas relacionadas con la naturaleza, así como sus manifestaciones y deseos de la protección de la costa española ante tanto desarrollismo salvaje. Una posición tan clara y contundente por el respeto a la naturaleza y el desarrollo sostenible debía ser recompensada públicamente por una institución profesional como es el Colegio de Geólogos.

A partir de la fecha de su nombramiento, se fueron sucediendo los contactos entre el Colegio y la Casa Real para acordar el momento y lugar de la entrega de la distinción. Realmente el acuerdo se resolvió de forma rápida y precisa. El 31 de julio, el Colegio recibe una carta del Secretario del Príncipe comunicando que la entrega se haría en la audiencia fijada para el 10 de septiembre, en el Palacio de la Zarzuela. A pesar de las vacaciones, el personal del colegio se movió con diligencia para preparar correctamente el acto de nombramiento. Había que preparar el acta, comprar la bandeja, grabar la inscripción del nombramiento, y comprar un regalo como recuerdo de la audiencia. No era la primera vez que esta situación ocurría, pues ya en la anterior audiencia, en septiembre de 1998, también hubo que preparar todo en agosto, una fecha en que parte del personal del Colegio y muchos de sus proveedores están de vacaciones.

La Audiencia

Como estaba previsto, el miércoles 10 de septiembre, a las 12:55 horas, comenzó la audiencia que Su Alteza Real Don Felipe de Borbón concedió a una amplia representación de la Junta de Gobierno del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, los Consejos de Gobierno de las delegaciones de Aragón, Asturias, Cataluña y País Vasco y la Junta Gestora del Colegio de Geólogos de Andalucía. Aunque el ICOG había invitado a la Ministra de Medio Ambiente o a algún otro representante del ministerio a acompañarnos, nadie pudo acudir, pues las fechas veraniegas dificultan siempre el ajuste de agendas con la administración.

La llegada a palacio se hizo en un autocar y, una vez dentro del edificio, se nos paso a una sala de espera muy bien decorada en la que sobresalía, entre otras cosas, una magnífica colección de minerales dentro de una vitrina. A los pocos minutos de estar en la sala se presentó el ayudante del Príncipe que, con una cordialidad exquisita, se excusó por el "pequeño" retraso que se estaba produciendo debido a las audiencias anteriores. También nos explicó el desarrollo habitual de las mismas y nos invitó a repartirnos entre la sala que ocupábamos y otra contigua que acababa de quedar libre para que estuviéramos más cómodos. Todo un detalle de agradecer pues el calor era intenso y los asistentes muchos. La espera se prolongó unos pocos minutos más pero se hizo muy llevadera pues los intercambios de conversaciones entre los presentes contribuyó a hacerla más agradable.

Después de ese preámbulo de espera en la antesala del salón principal, se nos invitó a entrar en la sala de audiencias. Que éramos muchos ya lo sabíamos nosotros; hasta el propio don Felipe, al entrar en el salón, no pudo evitar elevar las cejas, en un instinto propio de sorpresa, y exclamar de manera espontánea: ¡Cuantos son! Las primeras sonrisas aparecieron en la cara de todos los presentes.

La audiencia, como es protocolario, comenzó con el saludo individual de don Felipe a cada uno de los asistentes, a los que iba presentando el presidente del Colegio. Posteriormente, todos salimos



Don Felipe saludando al presidente del Colegio.

El nombramiento del Príncipe Felipe como Geólogo Honorífico estaba justificado por su posición favorable en la defensa del medio ambiente y del patrimonio geológico

LISTA DE ASISTENTES

La Junta de Gobierno del ICOG, representada por:

- el Ilmo. Sr. D. Luis Suárez, presidente
- los vicepresidentes D. José Luis Barrera y D. Oswaldo García-Hernán
- el secretario, D. Manuel Regueiro
- la vicesecretaria, Dña. Isabel Gómez
- el tesorero, D. Carlos Duch
- los vocales:
  D. Roberto Rodríguez
  D. Ramón Capote
  D. José Luis Almazán
  D. Roberto Vázquez
  Dña. Cristina Sapalski
  D. Ángel Carbayo
  D. Benito Rivera
  D. Marc Martínez
  D. Juan Luis García Acedo
  D. Salvador Mirete
- la Jefa de Secretaría, Dña Fátima Camacho
- el Jefe de Administración, D. Enrique Pampliega.

- De la Comisión Gestora de la Delegación de Andalucía asistieron:
  D. Carlos Feixas
  D. Antonio J. García
  y D. Cesar Robles.

- De la Delegación de Aragón:
  D. Joaquín Lahoz, presidente
  y D. David Navarro, secretario

- De la Delegación de Asturias:
  D. Cesar Casero, presidente
  y D. Juan Zubieta, secretario

- De la Delegación de Cataluña:
  D. Carlos Hellín, presidente
  y D. Ramón Pérez Mir, secretario.

- De la Delegación del País Vasco:
  D. Alberto Barcenilla, presidente
  y D. Miguel Ángel Gómez, secretario



De izquierda a derecha. ***Primera fila:*** **Isabel Gómez, Carlos Hellín, César Casero, Manuel Regueiro, Carlos Feixas, D. Felipe de Borbón, Luis Suárez, Joaquín Lahoz, Ramón Capote, Juan L. García Acedo.** ***Segunda fila:*** **Alberto Barcenilla, Salvador Mirete, Antonio García, Benito Rivera, Oswaldo García-Hernán, Marc Martínez, José Luis Barrera, Ángel Carbayo, Roberto Vázquez, Fátima Camacho.** ***Tercera fila:*** **Miguel A. Gómez, Cristina Sapalski, Carlos Duch, César Robles, Ramón Pérez, David Navarro, Roberto Rodríguez, Juan Zubieta, José Luis Almazán, Enrique Pampliega.**

al exterior del edificio para hacerse la foto oficial de conjunto en la escalinata de palacio; esa foto que distribuyen las agencias y que publica habitualmente la prensa, cuando la publica.

Una vez regresados al interior, las primeras palabras de don Felipe fueron de excusas por el retraso en el comienzo de la audiencia debido, según explicó, a los pequeños retrasos que se habían acumulado en las tres audiencias anteriores.

El presidente del ICOG, Luis Suárez dio lectura al discurso que tenía preparado, destacando, entre otras cosas, el agradecimiento por recibirlos en audiencia y, las razones del nombramiento de Geólogo Honorífico. Asimismo, aprovechó la coincidencia de que este año se cumple el vigésimo quinto aniversario de la creación del Colegio de Geólogos, para invitar a don Felipe a presidir los actos conmemorativos del evento, que tendrán lugar el próximo mes de diciembre. Al final del discurso, Suárez solicitó al secretario, Manuel Regueiro, que diera lectura al acta de la Asamblea General donde se aprobó el nombramiento de Geólogo Honorífico. Al concluir la lectura, Regueiro le entregó a don Felipe el acta y, seguidamente, el presidente entregó a su Alteza una bandeja de plata con la inscripción del nombramiento. A continuación, Suárez le impuso la insignia de oro del Colegio y le hizo entrega de un extraordinario pez fósil (*Priscacara serrata,* del Eoceno, 40-60 millones de años, de la Formación *Green River* de Wyoming, EEUU) como recuerdo de la audiencia. Su Alteza, sorprendido por este último obsequio, destacó su belleza y la calidad de la presentación.

Siguiendo el orden del acto, don Felipe contestó al discurso del presidente agradeciendo el nombramiento y las distinciones recibidas. Afirmó que se sentía un geólogo más y animaba al colectivo de geólogos a que continuara con su buena labor profesional y social, tal y como venían haciéndolo hasta ahora. Sus palabras, aunque dentro del protocolo habitual de las audiencias, transmitían sinceridad y satisfacción e incluso estuvieron impregnadas de cierta ironía cuando comentaba que él, por su edad (35 años), entraba perfectamente en la edad media de los geólogos españoles tal y como había señalado el presidente en su discurso.

Una vez superada esta parte de la audiencia, más o menos protocolaria, los asistentes abandonaron sus puestos en el límite de la alfombra y, acercándose a don Felipe, pasaron al diálogo abierto y algo más informal. Suárez, que en su discurso ya había trazado las líneas maestras del objeto principal de nuestra visita, comentó a su Alteza la existencia de la ONG *Geólogos del Mundo* y dio la palabra a Ángel Carballo, presidente de la ONG, para que explicara la naturaleza y objetivos de la organización. Carballo destacó que la actividad profesional de ayuda al exterior la estaban realizando en países como El Salvador o Malí, apoyados por distintas administraciones españolas, empresas, entidades religiosas y fundaciones privadas extranjeras. Expuso que los proyectos de ayuda se centraban en acciones de infraestructura muy necesarias para la vida cotidiana. Muchas de las acciones consistían, principalmente, en la captación de aguas subterráneas para abastecer pequeñas poblaciones que los gobiernos de esos países no pueden acometer. Señaló, igualmente, la satisfacción de esas poblaciones locales que reciben la ayuda española a través de esta ONG.

Salvador Mirete recordó al Príncipe su participación en la serie documental, *La España Salvaje,* coproducida en los años 1997-98 por Televisión Española, Grupo Teneo y Adena/WWF, sugiriéndole que se podía hacer una serie similar de contenido geológico con tomas desde helicóptero. Don Felipe, haciendo nuevamente gala de su gran sentido del humor y expresividad, le espetó rápidamente que entonces se pondría el casco, mientras hacía ademán de ponerse uno. Barrera comentó que, sin necesidad de tener que realizar una serie de ese tipo, que, sin duda, sería muy interesante, se le invitaba a visitar Las Médulas (que el príncipe no conoce, según palabras propias) o la ruta de las icnitas (huellas de dinosaurio) de La Rioja, que el Colegio ha apoyado, en fechas próximas, para que sean declaradas Patrimonio de la Humanidad.

Regueiro informó al Príncipe que, conjuntamente con su nombramiento, el ICOG también había aprobado nombrar Miembro de Honor al geólogo norteamericano Walter Álvarez. Álvarez, bisnieto de un asturiano emigrado a América e hijo de Premio Nóbel, ha destacado en el mundo de la geología por ser autor de la teoría del impacto meteorítico, para explicar la extinción de los dinosaurios. El Príncipe escuchaba muy atento las explicaciones de Regueiro, el cual continuó informando que el Colegio había propuesto a Álvarez como candidato para el Premio Príncipe de Asturias de 2003, pero que no se lo habían concedido. El Príncipe, conocedor muy bien del premio que lleva su nombre, animó a que continuáramos otro año presentando la candidatura pues, comentó, los candidatos presentados el premio son muchos y es difícil conseguir el galardón el primer año. Capote recordó que él ya había sido jurado dos veces del Premio Príncipe de Asturias, una



El presidente entrega el fósil a don Felipe.



Luís Suárez impone la insignia de oro del ICOG al Príncipe.



Luís Suárez hace entrega a don Felipe de la bandeja de plata con la inscripción de su nombramiento como Geólogo Honorífico.



Don Felipe dirigiéndose a los asistentes.

de ellas, en el año 1994, cuando Yaser Arafat recibió el premio de Cooperación Internacional.

Hasta ese momento, la audiencia transcurría con todo tipo de informaciones, invitaciones y comentarios nuestros sobre temas diversos que el Príncipe escuchaba con atención. Pero a don Felipe parecía preocuparle otro tema de actualidad que nadie había comentado y que a él le resultaba de gran interés. Haciendo uso de su prerrogativa de preguntar a los invitados, y argumentando que la prensa, en ocasiones, no tiene toda la información de una noticia, hizo la pregunta que nadie esperaba, pero que flotaba en el ambiente: ¿Cuál es el problema geológico que tiene la línea del AVE Madrid-Lleida, en el tramo de Zaragoza? La pregunta, aunque dicha de una manera sencilla y, diríamos, neutra, tenía una clara intencionalidad informativa. Por un instante se hizo el silencio absoluto. Don Felipe, sabedor de que estaba ante los profesionales que mejor le podían informar del problema geotécnico, no quiso desaprovechar la ocasión para informarse de primera mano. Ello no evitó que las miradas de las asistentes se cruzaran, y entre sonrisas de complicidad, como si nadie quisiera destapar el tarro de las esencias, Suárez tomó la palabra. De una manera sucinta expuso las dificultades geotécnicas que tienen los terrenos arcillosos y yesíferos de la Cuenca del Ebro que atraviesa la traza del AVE, en varios kilómetros. Dijo que, en esos casos, siempre es necesario realizar estudios geológicos detallados del terreno y prevenir los posibles riesgos de colapso antes de la puesta en servicio de la línea. Suárez también explicó que la puesta en regadío, y las pérdidas de caudales, de amplias superficies de las zonas del Ebro, está favoreciendo la disolución profunda de los yesos, la expansión de las arcillas y, por ende, aumentando los riesgos de colapso y deslizamiento de las trincheras de ferrocarriles y carreteras. Dicho esto, Suárez dio la palabra a Joaquín Lahoz para que explicara las particularidades de los tramos más conflictivos del trazado y la dimensión mediática que han tenido. Lahoz explicó los problemas y riesgos que han ocasionado las dolinas y hundimientos producidos en las zonas de yesos, y las deformaciones provocadas en las zonas de las arcillas expansivas. Comentó que el GIF había actuado ya en algunos puntos levantando algunos kilómetros de vía, pero que aun faltaban otros tramos en los que era conveniente actuar. Don Felipe le preguntó cómo eran las medidas correctoras y Lahoz se las explicó con cierto detalle. En el intercambio de opiniones también intervino Oswaldo García-Hernán, actual Director General de Carreteras y Transportes de Castilla-La Mancha, recalcando que, generalmente, en los proyectos de infraestructuras, los estudios geotécnicos suelen constituir un pequeño apéndice, cuando sería muy conveniente que se ampliaran bastante más para evitar, no solo riesgos innecesarios, sino los reformados que al final los pagan los impuestos de los ciudadanos. Carlos Feixas, al hilo del tema que se estaba

tratando, añadió que, como consecuencia de los problemas geológicos surgidos en la traza del AVE en la zona de Aragón, se había decidido ampliar recientemente los estudios geotécnicos en la traza ferroviaria de la línea Córdoba-Málaga. Regueiro explicó al Príncipe que el Colegio había propuesto a la Comisión Europea, a través de la Federación Europea de Geólogos, una directiva marco que obligara a destinar un 5% de los presupuestos de las grandes infraestructuras europeas, a estudios geológicos-geotécnicos. Desarrollada con cierta profusión técnica la cuestión geológica del AVE en Zaragoza, la conversación con don Felipe derivó hacia otros aspectos institucionales.

Suárez dio la palabra a Barrera para que explicara las actividades del Geoforo. Barrera expuso las características de las Tertulias del Geoforo, los temas que trata y la calidad de los ponentes que intervienen. Destacó particularmente la que se iba a celebrar el 8 de octubre sobre la Declaración de Bolonia y la reducción del número de años de licenciatura, a la que acudirían como ponentes los decanos de las Facultades de Ciencias Geológicas de las Universidades de Madrid y Barcelona, además del catedrático de la UCM, Ramón Capote, presente en la sala.

El Príncipe quedó muy satisfecho de todas las explicaciones e informaciones que se dieron manifestando que, como resultado del encuentro, se enteraba de muchas cosas interesantes. Barrera le dijo, en tono de broma, que, si quería más información sobre algún otro aspecto de la actividad profesional de los geólogos, podía asistir a los cursos que organiza el Colegio durante el año. Don Felipe, sin haber pasado un segundo, aceptó la broma y, con sonrisa franca y el mismo tono jovial de la invitación, respondió que ya estaba en uno de ellos. Respuesta rápida, ingeniosa y propia de quien hace de las audiencias un lugar agradable de encuentro, de comunicación sincera y atención continua.

Cuando miramos los relojes para marcharnos eran las 13:35, habían pasado ¡ 40 minutos! y parecía que solo habían sido 10.

ACTA DE LA ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA DEL ICOG CELEBRADA EL 5 DE ABRIL DE 2003

Lugar: Sede del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos
Avenida de Reina Victoria, 8. Madrid
Hora: 09:30

Punto 7º del Orden del Día
Aprobación de distinciones, de acuerdo con los artículos 90 y 91 de los Estatutos

El Vicepresidente 1º del Colegio, D. José Luis Barrera, informa a la Asamblea para su ratificación, que la Junta de Gobierno del ICOG, en su sesión del 31 de marzo de 2003, ha acordado por unanimidad nombrar Geólogo Honorífico a S.A.R. D. Felipe de Borbón, Príncipe de Asturias, en reconocimiento a su constante preocupación por la conservación del medio natural y del patrimonio geológico de la Tierra.



El secretario del ICOG, Manuel Regueiro, da lectura del acta de otorgamiento.



La Asamblea ratifica por unanimidad y gran satisfacción el nombramiento de Geólogo Honorífico a S.A.R. Don Felipe de Borbón, Príncipe de Asturias, por las razones expuestas por el Vicepresidente.

Madrid, 5 de abril de 2003

Manuel Regueiro y González-Barros
Secretario General del ICOG

PALABRAS DE PRESENTACIÓN ANTE SU ALTEZA REAL DON FELIPE DE BORBÓN, PRINCIPE DE ASTURIAS, DEL PRESIDENTE DEL COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS ILMO. SR. D. LUIS EUGENIO SUÁREZ ORDÓÑEZ

Su Alteza Real

Miembros de la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Geólogos de España, Presidentes y Secretarios de los Consejos de Gobierno de las Delegaciones Autonómicas del Colegio Oficial de Geólogos en Aragón, Asturias, Cataluña, y País Vasco, Comisión Gestora del Colegio Oficial de Geólogos de Andalucía.

Mis primeras palabras son de sincero agradecimiento a Su Alteza Real D. Felipe de Borbón, Príncipe de Asturias, por recibir en audiencia a los representantes de los geólogos españoles y tener la deferencia de aceptar la distinción de **GEÓLOGO HONORÍFICO,** otorgada por unanimidad de la Asamblea General del Colegio Oficial de Geólogos, celebrada el pasado 5 de abril.

Esta Corporación de derecho público es consciente de la preocupación e interés de Su Alteza Real por las Ciencias de la Tierra, vocación que en múltiples ocasiones ha puesto de manifiesto a la opinión pública en su participación activa en el estudio de los temas geológicos y medioambientales.



El presidente del ICOG, Luís Suárez, leyendo el discurso ante don Felipe.

Este notable interés ya nos lo manifestó en la primera audiencia concedida a la Junta de Gobierno del Colegio, celebrada el 8 de septiembre de 1998, resultado de la cual Su Alteza aceptó la Presidencia de Honor de la Primera Conferencia Internacional de la Geología Profesional, celebrada con éxito en julio de 2000, en Alicante.

Este primer foro internacional de profesionales de la geología gestionado por este Colegio, tendrá su continuidad el próximo año con la celebración en el Reino Unido de la Segunda Conferencia Internacional de la Geología Profesional.

El colectivo de geólogos españoles viene contribuyendo al progreso de la Sociedad gracias a la abnegada dedicación profesional de sus diferentes especialistas. Así los hidrogeólogos han aportado sus conocimientos para la investigación y aprovechamiento de las aguas subterráneas, los ingenieros geólogos han estudiado la geología como soporte de las infraestructuras (autopistas, ferrocarriles, aeropuertos, presas, ...), demandando mejoras en calidad y cantidad de las mismos, los geólogos prospectores se han afanado en la investigación geológica para el aprovechamiento de los recursos naturales, los geólogos medioambientalistas han aportado el *input* geológico en los estudios de impacto ambiental, la conservación del patrimonio geológico, la edición de guías geológicas y el impulso de declaraciones de espacios protegidos para conseguir un desarrollo económico sostenible.

Igualmente importante ha sido la participación de los geólogos en la realización del mayor proyecto geológico en la historia de España: El Proyecto MAGNA de cartografía geológica, realizado por el Instituto Geológico y Minero de España.

Somos conscientes de que la mejora y el perfeccionamiento de la profesión de geólogo sólo es alcanzable, si nuestro objetivo es un adecuado servicio profesional a la Sociedad. Si consecuentemente, la Sociedad valora nuestros esfuerzos y nuestras aportaciones profesionales, requerirá y potenciará el reconocimiento social de una profesión joven, como la de geólogo.

Nuestro colectivo espera que ese reconocimiento que hoy en día apreciamos en la Sociedad en general, y en los empresarios en particular, se extienda a las Administraciones públicas, tal como lo ha hecho el Gobierno, con la aprobación por Real Decreto de los Estatutos del Colegio Oficial de Geólogos, en los que se reconocen las cuarenta funciones profesionales de los geólogos.

Este reconocimiento legal de nuestras atribuciones y funciones profesionales, por el Gobierno, no es, en algunos casos, llevado a cabo por las Administraciones públicas, por lo que tenemos que proclamar que una profesión nueva como la nuestra, debe apelar en este acto al papel constitucional de la Corona, como arbitro y moderador del funcionamiento regular de las instituciones, a fin de que, para un mejor servicio a la Sociedad, las atribuciones profesionales sean siempre en las Administraciones públicas para el profesional más competente.

Somos una profesión joven, tanto a nivel personal como institucional. La edad media del colectivo de geólogos españoles es de 36 años y nuestro Colegio celebra en diciembre el vigésimo quinto aniversario de su creación. En efecto, el Colegio Oficial de Geólogos fue la primera corporación profesional creada tras la promulgación de la Constitución Española de 1978, el 26 de diciembre de ese año, siguiendo los principios constitucionales sobre los Colegios Profesionales.

Desde la promulgación de la Constitución se ha generado en España un desarrollo económico y social fructífero. También ha cambiado en este periodo la profesión de geólogo. Así, de desarrollar preferentemente nuestra actividad en el ámbito de la enseñanza y de los recursos geológicos, los geólogos hemos evolucionado en nuestro trabajo hacia muchos otros servicios profesionales.

Han sido veinticinco años de trabajo profesional abnegado que el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos quiere reconocer a sus colegiados mediante un acto institucional. Por ello, para este Colegio profesional y para los geólogos españoles, sería un honor que Su Alteza Real presida este acto conmemorativo de celebración el próximo mes de diciembre, pues no en vano Su Alteza también es **Geólogo Honorífico.**

Para concluir, quiero reiterar en nombre de los geólogos españoles nuestro sincero agradecimiento por esta audiencia y la aceptación del nombramiento de Geólogo Honorífico, cuya acta de otorgamiento dará lectura a continuación el Secretario del Colegio, significándole que esta institución se pone a disposición de su Alteza para cualquier tema relacionado con las Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente.

Muchas Gracias.

El **Ilustre Colegio Oficial de Geólogos,**
por acuerdo unánime de su Asamblea General celebrada
el 5 de abril de 2003, nombra

Geólogo Honorífico

a **S.A.R. Don Felipe de Borbón, Príncipe de Asturias,**
en reconocimiento a su compromiso con los valores naturales
de la tierra y la conservación del Medio Ambiente.

Madrid, 10 de septiembre de 2003

Luis E. Suárez Ordóñez
Presidente



Bandeja de plata con al inscripción del nombramiento de Geólogo Honorífico.

La UNESCO podría declarar las icnitas de la Península Ibérica Patrimonio de la Humanidad

El gobierno de España ha solicitado a la UNESCO que las "Icnitas de dinosaurio en la Península Ibérica" sean declaradas Patrimonio de la Humanidad. Con tal motivo, la Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja organiza una excursión a los mejores yacimientos de la comunidad riojana para promocionar y sensibilizar a la sociedad sobre este rico patrimonio paleontológico.

El Consejo de Patrimonio Histórico reunido en Aranjuez (Madrid) a finales del 2003 acordó, por unanimidad de las 17 comunidades autónomas españolas, que la candidatura de "Icnitas de Dinosaurios de la Península Ibérica", promovida por La Rioja, sea la que represente a España en el siguiente proceso de declaraciones a Patrimonio de la Humanidad, que lleva a cabo la UNESCO cada año.

En total, son 15.000 huellas "excepcionales a nivel mundial", porque aparte de ser el "mayor yacimiento del mundo", no hay en otros lugares restos que permitan conocer "tan bien" el modo de vida de los dinosaurios. En la Península Ibérica hay, hasta la actualidad, 198 yacimientos de huellas de dinosaurio, nueve de ellos en Portugal y los restantes en España, la mayor parte de los cuales integra la candidatura española a Patrimonio de la Humanidad.

La Rioja cuenta con más de 8.000 huellas repartidas por unos 130 yacimientos inventariados. Le siguen en importancia Cataluña, con tres yacimientos y unas 2.000 huellas, y las provincias de Burgos y Soria, con unos 25 yacimientos y unas 500 huellas.

El equipo que ha preparado la documentación de la solicitud ha propuesto visitas guiadas periódicas –este año en La Rioja, los días 11 y 12 de septiembre de 2004- para geólogos y paleontólogos, a varios yacimientos accesibles con huellas de dinosaurio.

La Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja se ocupa de la organización de la reunión y excursión que se desarrollará en tres idiomas (francés, inglés y español) por geólogos especializados en las icnitas riojanas. El máximo de personas participantes en el viaje será de 150 (50 para cada idioma). Se visitarán los yacimientos de Era del Peladillo (Igea), Los Cayos A (Cornago), El Villar-Poyales, Barranco de Valdecevillo y La Virgen del Campo (Enciso) y La Pellejera (Hornillos). Además se visitará el Museo Paleontológico de Enciso.

Los viajes se harán en autobús con salida y regreso en Logroño, en el mismo día. A cada participante se le entregará una guía de los yacimientos y folletos turísticos de La Rioja.

El precio que deberá abonar cada persona incluye los viajes en autobús, las comidas de los días 11 y 12 y el coste de la guía de los yacimientos. El día 11 por la noche se puede cenar en una bodega de vino de La Rioja. Antes de la cena habrá una visita guiada de la bodega.

Las personas interesadas en esta excursión pueden contactar con Félix Pérez-Lorente (felix.perez@dq.unirioja.es) y en la página del ICOG (www.icog.es).

Panorama de las Aguas Minerales en la Región de Murcia

En esta época en la que los balnearios han vuelto a resurgir como contrapunto a la acelerada vida moderna y como puntos de atracción turística, y las aguas envasadas son ampliamente utilizadas en muchas zonas ante la situación de la calidad de algunos suministros públicos y como complementos dietéticos, aparece una publicación del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) sobre una de las comunidades en la que la fama de sus balnearios ha persistido a lo largo de la historia. Se trata de *Panorama de las aguas minerales en la Región de Murcia,* cuyos editores son J.I. Pinuaga y M. Martínez Parra.

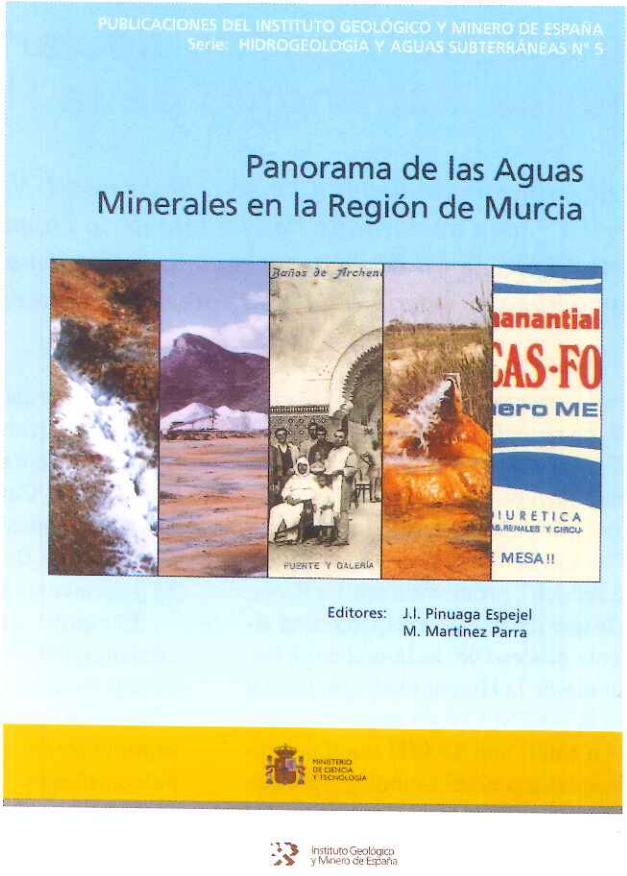
El texto, separado en capítulos escritos por diferentes autores, presenta una exposición lógica de la temática tratada. Así, contiene una introducción básica sobre terminología de aguas minerales, la caracterización básica de la geología que puede condicionar dichas aguas, un inventario, bastante exhaustivo, de puntos con aguas de interés mineromedicinal en la Región de Murcia, una descripción de algunos de esos lugares en función de su tipología (balnearios y casas de baño, aguas de bebida envasada, aguas minero-industriales, etc.) y de su importancia, y finaliza con un capítulo dedicado al aspecto económico de esta agua, que es esencial para comprender parcialmente el resurgimiento de un sector en decadencia en España durante buena parte del siglo XX.

La exposición pretende ser clara al tiempo que concisa, mezclando cuestiones aprovechables para el punto de vista del público no especializado (historia, tradiciones), con otras más técnicas, en lo referente a la geología, hidrogeología y composición química de las aguas. Esta pretensión se puede considerar obtenida a lo largo del recorrido por el texto.

En este sentido, es de destacar también que el texto está acompañado de un amplio contenido gráfico y fotográfico que ayudan a la comprensión de la caracterización y de la situación del entorno del aprovechamiento o punto de agua en general, y del contexto geológico en el que aparecen.

En definitiva, la obra ofrece una visión de conjunto necesaria en el conocimiento de las aguas minerales de la Región de Murcia. Es además adecuada y aprovechable para los diferentes intereses relacionados con ese tipo de aguas, como pueden ser el turístico, geológico e hidrogeológico.

El texto está acompañado de un amplio contenido gráfico y fotográfico



Silvio Castaño Castaño

El Balneario de Fuente Santa, Asturias (1847-1936)[1]

Alejandro Álvarez Calleja

Geólogo

El Balneario de Fuente Santa, Nava, Asturias, abrió sus puertas en el año 1847 y cerró en 1936, coincidiendo con el inicio de la Guerra Civil Española. Durante 90 temporadas ofreció sus aguas termo-minerales a los muchos bañistas que lo frecuentaban, teniendo especial éxito en el tratamiento de las enfermedades cutáneas.

El objeto de este trabajo es presentar el establecimiento balneario de Fuente Santa desde diversos puntos de vista: geográfico, geológico, histórico, médico… e intentar dar una visión amplia de lo que supuso su presencia, en el concejo de Nava y, por extensión, en Asturias, en las noventa temporadas que estuvo en funcionamiento. Para ello se ha estructurado este estudio en las siguientes partes:

- contexto geográfico y geológico
- propiedades físicas, químicas y medicinales de las aguas de Fuente Santa
- breve historia del establecimiento balneario

Contexto geográfico y geológico

El Balneario de Fuente Santa se sitúa en la margen izquierda del río Prá, en los términos de la parroquia de San Bartolomé, en el concejo de Nava, provincia de Asturias. El relieve de la zona está dominado por una serie de colinas suaves entre las que se encajan pequeños ríos. Este relieve ondulado está limitado al Sur por la sierra de Peñamayor, que alcanza altitudes de hasta 1.100 m y, al Norte, por la Sierra Litoral que no supera los 750 m.

Desde un punto de vista geológico (Gervilla et al., 1973), el concejo de Nava está formado por dos unidades bien diferenciadas que dominan el relieve:

- La primera unidad, que correspondería con la sierra de Peñamayor, está formada, mayoritariamente, por calizas y cuarcitas de edad paleozoica. Se trata de una unidad muy deformada que presenta importantes relieves y cuyo desagüe se realiza por medio de valles con dirección N y NE que siguen las zonas de más fácil erosión.
- La segunda unidad, conocida como Cuenca mesoterciaria, está constituida principalmente por areniscas, lutitas y calizas que aparecen en disposición subhorizontal, generando por tanto relieves más suaves. En esta unidad se distinguen dos subunidades limitadas por fallas finihercínicas de

[1]Este artículo es un extracto del libro *El Balneario de Fuente Santa (1847-1936)*. Monografía de las aguas termo-minerales de Fuente Santa de Buyeres de Nava Septem Ediciones, 2003, Oviedo. ISBN 84-95687-34-8.

dirección E-O: la Franja Móvil Intermedia, que siendo la más septentrional coincidiría con la Sierra Litoral, y el Surco Oviedo-Infiesto que correspondería con los terrenos más planos del concejo, situados entre las sierras de Peñamayor y Litoral.

Sobre los terrenos mesoterciarios pertenecientes al Surco Oviedo–Infiesto, que descansan discordantes sobre el basamento paleozoico, continuación del aflorante en la sierra de Peñamayor, en una zona fuertemente fracturada, se sitúa la casa de baños de Fuente Santa. **(Figura 1)**

La historia geológica de estos terrenos comienza con la emersión del basamento paleozoico en el transcurso de la Orogenia Hercínica. Este zócalo se verá además afectado por una importantísima fracturación, que luego jugará un papel trascendental en los sucesivos episodios de deformación, así como en la termalización de las aguas de Fuente Santa.

Durante el Mesozoico, la erosión del basamento paleozoico producirá la deposición de los materiales que forman la Cobertera mesoterciaria. La Orogenia Alpina será la responsable del rejuvenecimiento del relieve paleozoico y de la ligera deformación que presentan los sedimentos de la Cobertera mesoterciaria.

A partir de la Orogenia Alpina y hasta hoy, ligeras reactivaciones de las citadas fallas finihercínicas y la instalación de una importante red fluvial son los responsables del paisaje actual.

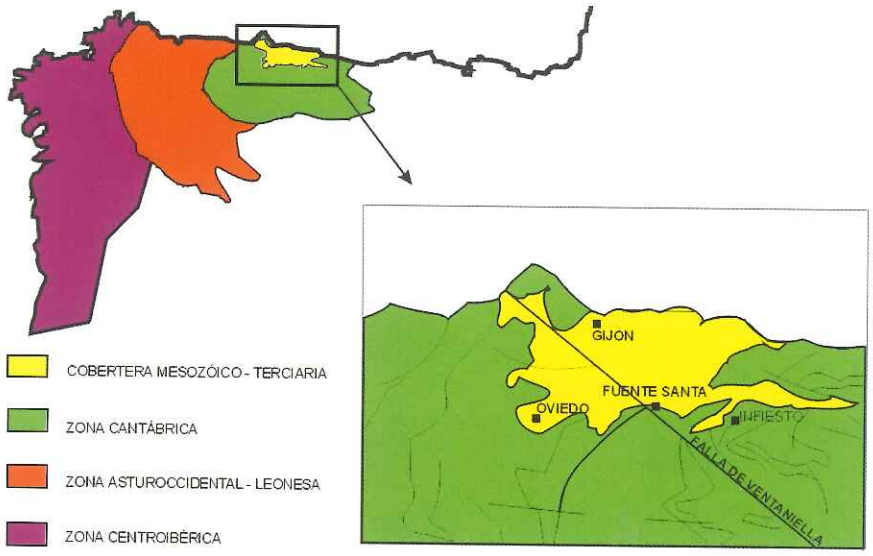


Figura 1. Esquema para la contextualización geológica del Balneario de Fuente Santa, Nava, Asturias.

A las propiedades físicas y químicas de los distintos grupos de aguas aprovechadas en Fuente Santa se asociaron unas propiedades medicinales que sirvieron para convertir el establecimiento en uno de los más importantes de la región

Propiedades físicas, químicas y medicinales de las aguas de Fuente Santa

Según Garófalo (1861), el Balneario de Fuente Santa explotó tres manantiales de aguas medicinales que, a pesar de su proximidad, presentan características diferenciadas: las Aguas de la Arqueta, la Fuente del Jardín o del Director y el Manantial Nuevo.

Las Aguas de la Arqueta aportan un caudal constante a lo largo del año de litro y medio por minuto, mientras que el Manantial Nuevo da 51 litros por minuto. Ambos presentan una temperatura de 25° C, lo que les confiere la

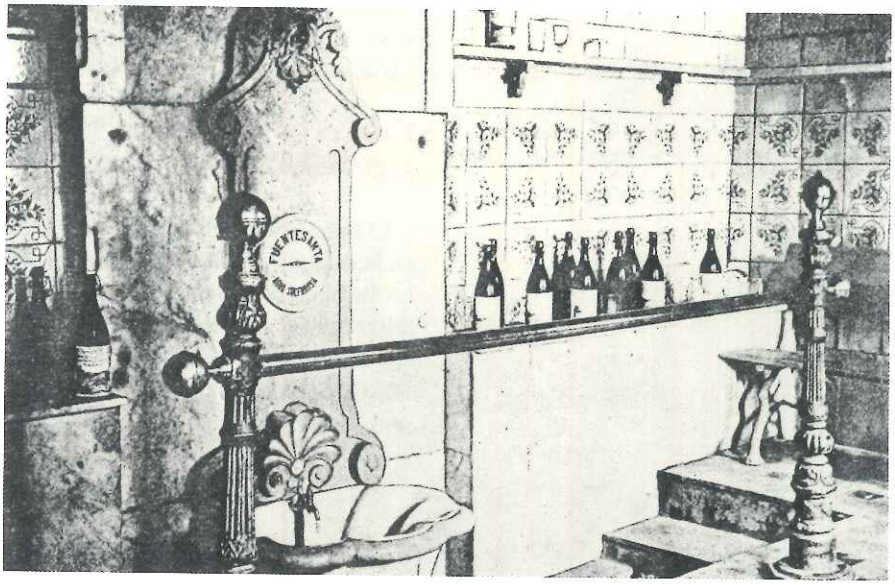


Figura 2. Manantial Nuevo.

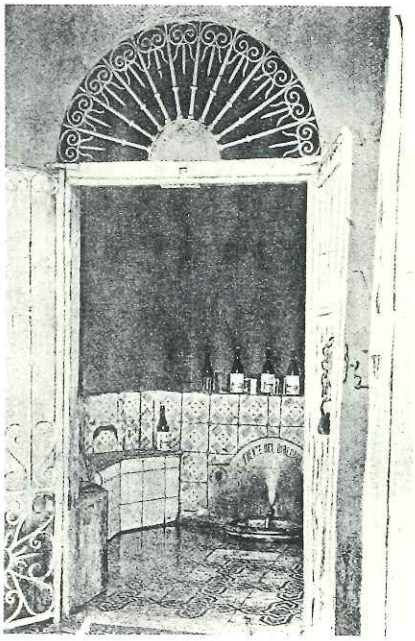


Figura 3. Fuente del Director.



Figura 4. Fotografía del establecimiento balneario de Fuente Santa tomada a principios del siglo XX .

termalidad, y un olor característico a huevos podridos que es más apreciable en las aguas del Manantial Nuevo. La Fuente del Director da 6 litros por minuto a una temperatura de 21° C y con un ligero olor a huevos podridos. **(Figuras 2 y 3.)**

Según los análisis realizados en 1880 por el Catedrático de Física y Química D. Luis González Frades, las Aguas de la Arqueta y el Manantial Nuevo se pueden clasificar como "sulfurado-cálcicas", mientras que las aguas de la Fuente del Director se clasificarían como "sulfurado-cálcicas-ferruginosas, variedad arsenical".

A las propiedades físicas y químicas de los distintos grupos de aguas aprovechadas en Fuente Santa se asociaron unas propiedades medicinales que sirvieron para convertir el establecimiento en uno de los más importantes de la región. Tradicionalmente, se atribuyen a estas aguas propiedades curativas en dermatosis, clorosis, escrófula, bronquitis crónica, afecciones catarrales de las mucosas (dispepsis saburrales con hipersecreción de jugos gástricos, gastrorreas y diarreas mucosas, cajinitis, metritis y cistitis catarrales), afecciones crónicas del pecho (catarros pulmonares crónicos, asma y tisis tuberculosa) y en la sífilis.

De la eficacia de las aguas de Fuente Santa, sobre todo en enfermedades dermatológicas, dan buena cuenta los numerosos casos prácticos que aparecen en la bibliografía, de entre los que se ha escogido el siguiente por su representatividad:

Según Garófalo (1861), el Balneario de Fuente Santa explotó tres manantiales de aguas medicinales que, a pesar de su proximidad, presentan características diferenciadas: las Aguas de la Arqueta, la Fuente del Jardín o del Director y el Manantial Nuevo

"Dª. V.G.R., de 31 años de edad, temperamento sanguíneo, soltera y bien menstruada, natural de Oviedo, fué al establecimiento el 31 de julio con un herpes furfuráceo (Pythiriasis de los griegos, Pythiriasis furfuracei de Galeno, herpes farináceo de Balleman) que cubría toda su piel, pero particularmente las extremidades inferiores, hallándose los pies edematosos por encima de los maleolos. Según manifestó la enferma, padecía esta enfermedad ya mas de un año, para la que había empleado varios remedios entre los que figuraron sin duda, por la explicación que me hizo, cocimientos sudoríficos, á beneficio de los que su piel se cubrió mas y mas de dicha erupción, en términos que además de la incomodidad propia de esta dermatose, apenas podía bajar los primeros días desde la inmediata aldea de Buyeres á beber las aguas. Enterado detenidamente de la enferma y de su padecimiento, la aconsejé el uso de ellas en bebida y baños, mandándola tomar gradualmente desde uno a cuatro cuartillos diarios, y prescribiéndola

baños á la temperatura ordinaria, así como irrigaciones y chorros de las aguas del jardín sobre las piernas y pies. A los ocho días de beberlas, y á los cinco baños, aumentó de intensidad la erupción, desarrollándose una verdadera calentura, que contenida en sus justos límites obró como una crisis saludable. Los temores de la enferma al verse tan empeorada, se desvanecieron afortunadamente al oirme recomendarla con mas eficacia el remedio natural, siendo grande mi satisfacción al ver que quince días después había desaparecido el edema, y se hallaba su piel casi libre de erupción, de la que marchó completamente curada, después de haber bebido un mes las aguas, dado quince baños generales y caer cuarenta chorros de tres minutos cada uno sobre las extremidades inferiores, recuperando del todo la agilidad de su movimiento." (Mestre, 1853; pág. 76.)

Breve historia del establecimiento balneario

Aunque el aprovechamiento balneoterápico de la aguas de Fuente Santa se remonta a la época romana, como lo atestiguaban los vestigios arquitectónicos demolidos para la construcción del balneario, la historia "reciente" del Balneario de Fuente Santa se remonta al año 1834 en que D. Ignacio José López, que había llegado en 1830 a Pola de Siero en calidad de médico-cirujano, comenzó los trámites, ante la Junta Superior de Medicina y Cirugía del Reino, que terminarían con la declaración de las aguas de Fuente Santa, por R.O. de 31 de mayo de 1846, como "aguas minero-medicinales de utilidad pública". **(Figura 4)**

En el año 1847, concluía la construcción del establecimiento balneario, siendo el proyecto del arquitecto provincial D. Andrés Coello y la financiación, "un millón abundante de reales", a cargo del Hospicio Provincial de Oviedo (García-Prendes, 1996).

El edificio disponía de dos plantas: la planta primera o de baños, construida en torno a la arqueta que almacenaba las aguas termales, constaba de doce bañeras de mármol encarnado oscuro y una pieza entera de mármol blanco, llamada Baño de la Reina (construido en honor a

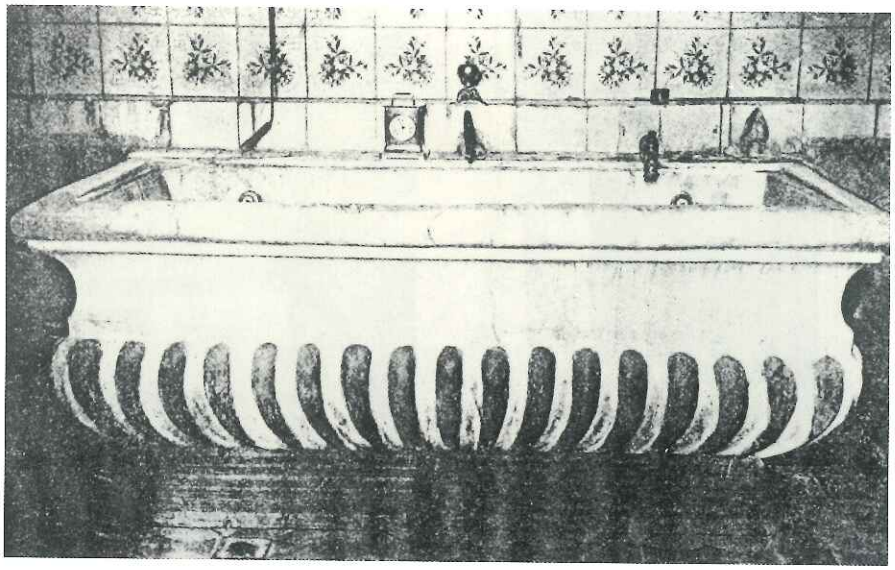


Figura 5. Baño de la Reina.

El Balneario de Fuente Santa se sitúa en la margen izquierda del río Prá, en los términos de la parroquia de San Bartolomé, en el concejo de Nava, provincia de Asturias

Isabel II que solía visitar localidades balnearias para aliviar su enfermedad herpética; esta esperada visita nunca se llegó a producir). Además, disponía de baños de asiento, baños de inyección, árboles de lluvia, chorros, baño eléctrico y baño de vapor o tepidario **(Figura 5).** La planta segunda se dedicaba al alojamiento de los clientes. Disponía de 50 camas y un amplísimo comedor que hacía también las funciones de salón de baile (Doz y Gómez, 1889).

Durante noventa temporadas permaneció abierto el Balneario de Fuente Santa, pasando por innumerables vicisitudes como su privatización, en 1860, a consecuencia de la Desamortización de Bienes de Corporaciones Civiles de 1855, o la ampliación del balneario en 1884, coincidiendo con la inauguración de la línea de ferrocarril León-Gijón. En 1936, en plena Guerra Civil, pasa a ser una sección del Hospital Provincial de la Administración republicana, no volviendo a recuperar ya su uso balneoterápico.

Referencias bibliográficas

Doz y Gómez, E. (1889): *Aguas minero-medicinales de Fuentesanta de Buyeres de Nava, provincia de Oviedo.* Oviedo, 95 págs.

García-Prendes Salvadores, A. (1996): *El balneario de Fuensanta de Buyeres de Nava.* Astura, nº 10, págs. 11-59.

Garófalo y Sanchez, J. (1861): *Monografía de las aguas y baños minero-medicinales de Fuente Santa de Buyeres de Nava, Asturias.* Madrid, 261 págs.

Gervilla, M.; Beroiz, C.; Pignateli, R.; Baron, A.; Coma, J.E.; Felgueroso, C.; Ramirez del Pozo, J. y Giannini, G. (1973): *Memoria del mapa geológico de España E. 1:50.000 nº 30 (Villaviciosa).* Plan MAGNA-primera edición. IGME, Madrid, 54 págs.

López, I. J. (1846): *Tratado general y particular de los baños y bebida de las aguas sulfurosas de Fuen-Santa de Buyeres de Nava, en el Principado de Asturias.* Madrid, 56 págs.

Mestre y Marzal, C. (1853): *Monografía de las aguas termo-sulphidro-salino-ferruginosas de la Fuente Santa de Buyeres de Nava. Oviedo,* 104 págs.

El comportamiento geotécnico de las Arcillas Azules del Guadalquivir (AAG)

Meaza Tsige

Dra CC.Geológicas, Ingeniera geológa
Dpto. Geodinámica, Facultad
de CC Geológicas, Universidad
Complutense de Madrid
meaza@geo.ucm.es

Las Arcillas Azules del Guadalquivir (AAG) presentan comportamientos geotécnicos anisótropos, a pesar de ser consideradas como homogéneas según su litología, composición mineralógica y observación a gran escala. Los estudios de detalle han demostrado que este comportamiento es debido a: La heterogeneidad microestructral en la matriz arcillosa y la existencia de numerosas discontinuidades. Por otro lado, su alto grado de alterabilidad frente los cambios tensionales "unloading" y climáticos, humedad-sequedad, las hace muy susceptibles a riesgos de inestabilidades de taludes y laderas, presentando frecuentes problemas geotécnicos. En este artículo se describen algunas de sus propiedades geotécnicas, además de señalar los factores que más influyen en su comportamiento mecánico.

La Formación de Arcillas Azules del Guadalquivir (AAG), también conocida como Margas Azules del Guadalquivir, aflora en toda la ribera de dicho río ocupando una amplia extensión en la depresión que abarca parte de las provincias de Córdoba, Jaén, Sevilla y Huelva. Su edad es Mioceno Superior y son de origen marino. Las AAG constituyen el conjunto principal de los materiales del relleno Neógeno de la cuenca, formando parte importante de los depósitos autóctonos de la depresión. Se disponen horizontalmente, o sub-horizontalmente, con bastante continuidad lateral a lo largo de la depresión. Al norte, descansan directamente sobre la unidad basal (conglomerado basal), formando una serie monoclinal normal, mientras que al sur sus contactos con las formaciones están trastocados, puesto que a la vez que se depositaban dichos materiales se deslizaban hacia el norte los mantos de corrimiento subbéticos (Unidad Olitostrómica). Son materiales, cuya composición litológica es predominantemente arcillo-margosa, o carbonatada, en algunos casos ligeramente limosas, de color gris azulado o verdoso (cuando se presentan frescas). Se han depositado como resultado de una transgresión relacionada con los últimos hundimientos de la cuenca. A lo largo de la serie se ven intercalaciones de niveles arenosos lenticulares de areniscas azules, escasos al principio de la formación y cada vez más abundantes hacia el techo. Se observan niveles finos de yesos esporádicos que se encuentran

generalmente asociados a planos de estratificación, fisuras y diaclasas. Los nódulos de pirita oxidados son muy frecuentes en toda la formación. El espesor de esta unidad varía según la zona, destacando un gran aumento hacia el sur. De acuerdo con los sondeos, la potencia puede oscilar de 200 a 250 metros, en la parte septentrional y central, y a casi 1000 metros en las Marismas del Guadalquivir. Son ricas en microfauna de foraminíferos planctónicos de tipo globigerinoides y poseen gran cantidad de elementos ferruginosos. Cuando se alteran cambian a un color gris verdoso llegando en ocasiones a colores pardo amarillentos por la presencia de óxidos de hierro, pero a grandes rasgos conservan en su totalidad la textura margosa de la roca original. La sedimentación de éstas culmina con una regresión, en la época Andaluciense, en la que se depositó la llamada serie de transición con una potencia que no sobrepasa los 15-20 m. Sobre ésta se disponen las terrazas Cuaternarias del Guadalquivir compuestas por conglomerados, gravas y arenas, en la base, y arcillas en el techo.

Las AAG son conocidas en todo el área de la depresión del Guadalquivir por su carácter problemático en las obras civiles, llevando asociados frecuentes riesgos geotécnicos. Los problemas están asociados a inestabilidades de taludes a lo largo de las obras lineales, desmontes y excavaciones, aunque también presentan problemas por su gran expansividad que afecta a las obras de cimentación. Dentro de los riesgos geotécnicos recientes podemos mencionar: el deslizamiento de Aznalcóllar, en 1998, que produjo la rotura de la presa de estériles en Sevilla y el deslizamiento de Almodóvar del Río (Córdoba), en 1992, en la línea del AVE Madrid-Sevilla, además de gran número de deslizamientos ocurridos en la red de carreteras del Estado en las provincias de Córdoba y Jaén. Acompañando a éstas también se producen varios movimientos de ladera naturales que se han convertido en fenómenos tan cotidianos que pasan prácticamente desapercibidos. En este sentido, se debe mencionar que las características físicas y mecánicas de los materiales de las AAG, en combinación con las condiciones climáticas del área,



Figura 1. Vista general de Arcillas Azules del Guadalquivir en un talud en Córdoba.

las hacen especialmente vulnerables a la inestabilidad de laderas. Si a esta condición natural se le suma la falta de un modelo común generalizado de comportamiento y una exacta identificación del estado del suelo, puede comprenderse entonces la alta susceptibilidad de la zona a estos fenómenos.

Características mineralógicas

Litológicamente, las AAG, están representadas por arcillas margosas, más o menos carbonatadas (< de 35% de calcita). La composición química y mineralógica es relativamente homogénea en el conjunto de la formación, a excepción de la existencia de algunas variaciones locales.Los filosilicatos y los carbonatos son los minerales más representativos en todos sus tramos a excepción de algunas intercalaciones de areniscas y calizas que se distribuyen de forma irregular. Del análisis mineralógico y químico mediante las técnicas de difracción de rayos-X, microscopio electrónico de barrido y de transmisión se deduce que los filosilicatos ocupan más del 60%. Los minerales de arcilla, están representados por la esmectita dioctaédrica (tipo beidelita) e illita. Como minerales acompañantes se encuentran la caolinita y la clorita. La esmectita se presenta en porcentajes medios superiores al 40% del total, superando el 50% en la mayoría de los casos. La illita se mantiene en segundo lugar con proporciones muy importantes, comprendidas entre el 20 y el 36%. Existen también minerales interestratificados desordenados tipo illita-esmectita. Los minerales de arcilla se encuentran formando micro-agregados relativamente grandes, que mecánicamente se comportan como un único elemento con tamaños variados pudiendo llegar hasta fracción limo o arena fina, de ahí, la gran cantidad de limos obtenidos en los análisis granulométricos. El enlace entre los micro-agregados de arcillas es fundamentalmente de tipo electro-físico donde el papel principal lo desempeñan las fuerzas eléctricas y de cohesión de las partículas de arcilla. Los carbonatos son fundamentalmente biogénicos y están representados por microfósiles planctónicos encontrados como granos individuales o formando grupos de tamaño mayor rodeados de arcillas, por lo que su efecto cementante es

mínimo. Tanto las inclusiones orgánicas como los cristales de calcita se encuentran alterados y dispersos en la parte más meteorizada de la formación, en la que también se observó una precipitación simultánea de micritas dentro de los poros y fisuras. Así pues, es razonable que no aparezcan cambios relevantes del contenido de carbonato asociados a la alteración.

Con respecto a la influencia de la mineralogía de arcilla en el comportamiento geotécnico cabe destacar que, aunque la illita se encuentra en proporciones muy importantes, a efectos globales el comportamiento del suelo responde fundamentalmente a las propiedades de las esmectitas.

Características geotécnicas

Las AAG constituyen un suelo fino tipo arcilla limosa con un contenido medio de la fracción de arcilla del 50%. Se clasifican, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, como arcillas de media a alta plasticidad (CH-CM), lo que concuerda perfectamente con la litología, granulometría y composición mineralógica. Solo cabe destacar que las AAG presentan mayor dispersión de los valores de la densidad seca (14.9 y 17.2 kN/m^3);ello puede ser debido a una mayor heterogeneidad en el grado de empaquetamiento de los elementos provocado por alteración. En la **tabla 1** se resumen los valores de las propiedades geotécnicas más relevantes de estos materiales.

Comportamiento mecánico y factores que lo controlan

Las AAG son materiales sobreconsolidados, lo que se ha observado tanto en los aspectos microestructurales de la matriz del suelo como en la relación tenso-deformacional, con una fragilidad muy elevada (Tsige, 1999). La consolidación en estos materiales se debe principalmente a la compactación anisótropa (unidimensional), por la carga transmitida por depósitos posteriores y desecación. Esta carga puede haber alcanzado un valor superior a 15 kg/cm^2, aunque posiblemente de forma irregular debido a la evolución no uniforme de la sedimentación en la cuenca.

No obstante, a pesar de esto, la formación no alcanza un grado de diagénesis avanzando que produzca una cementación química importante, tan sólo se produce una compactación mecánica de los componentes del suelo (las láminas de arcilla y los carbonatos en su mayoría microfósiles). Por tanto, el proceso de compactación produjo la expulsión del agua libre de los poros, lo que da lugar al empaquetamiento y enlace físico de las partículas de arcilla. Esto conlleva la reducción del índice de poros inicial (de sedimentación), en casi el 40%, permitiendo el aumento de la densidad y por tanto un aumento de la resistencia del material. No obstante, los esfuerzos debidos a la sedimentación no han sido lo suficientemente elevados para producir una transformación química (disolución-precipitación), siendo la cementación electro-física entre los minerales de arcilla la más significativa. Esto ha sido confirmado también en un estudio de la microestructura detallada, donde se observa una organización y empaquetamiento muy denso de las arcillas y los granos de limo exento de cementación química.

En este estado (AAG sanas), el suelo presenta características resistentes de un material competente y rígido. En los ensayos de resistencia (corte y triaxial), la rotura se manifiesta produciendo una resistencia de pico más o menos pronunciada que se reduce de forma muy abrupta a un valor inferior. Esta reducción inicial de resistencia, en la mayoría de los casos, alcanza valores entre el 35 y el 62 % de la resistencia máxima a sólo el 1% de deformación, con un índice de fragilidad IF > 0.5, para así llegar hasta el debilitamiento total (deformación al 5%). Los parámetros de resistencia obtenidos en los ensayos de corte directo arrojan valores medios de cohesión y ángulo de rozamiento efectivos de 0.5 kg/cm^2 y 32° respectivamente para los valores de pico, y entre 14° y 12° para el residual, aunque con una dispersión importante. Esto se debe, como se ha comentando anteriormente, a la existencia de numerosas **discontinuidades** y a la **heterogeneidad estructural** dentro de la masa del suelo. Éstas no solo determinan la resistencia límite de la estabilidad del terreno, tanto en taludes como en laderas naturales, sino también controlan el mecanismo y tipología de rotura.

PROPIEDAD	VALORES MÍN. Y MÁX.	VALOR MEDIO
Fracción < # 200	88-99%	91%
Fracción limo	30-65%	45%
Fracción arcilla	32-56%	53%
Minerales de arcilla	54-81%	71%
Contenido de $CaCO_3$	19-34%	24%
Contenido sulfato	1.5-2.4%	1.2%
Límite líquido	47-73%	61%
Índice de plasticidad	21-47%	33%
Actividad (Ac)	0.6-0.8%	0.7%
Densidad seca (kN/m^3)	14.9-17.0%	16.5%
Humedad natural	19-33%	23%
Porcentaje de hinchamiento	3.8-5.3%	4.2%
Presión de hinchamiento kp/cm^2	2.3-9.0%	3.8%

Tabla 1. Propiedades geotécnicas de las Arcillas Azules del Guadalquivir.

Discontinuidades estructurales

A pesar del aspecto margoso del sedimento, con una textura aparente masiva y homogénea **(figura 1)**, las AAG presentan con frecuencia varias micro-discontinuidades. Estas discontinuidades tienen una amplia variedad en cuanto a su origen, forma y disposición dentro de la masa del suelo. Dentro de ellas, las más importantes son los planos o fisuras horizontales o sub-horizontales y los planos de cizalla "slicken-sides".

La distribución espacial y frecuencia de los planos o fisuras sub-horizontales

asociados a la estratificación no es homogénea, adoptando espaciados muy variables, desde muy juntos hasta muy separados, aunque con una continuidad relativamente grande. En ocasiones, éstas se observan como bandas sub-horizontales milimétricas a centimétricas (2 a 5 cm), entre las que puede haber granos de calcita o cuarzo. Las manchas rojas aparecen con frecuencia a lo largo, alrededor y en la superficie de estas fisuras, que también presentan a veces en su superficie coloraciones o manchas negras (limonitas), **figura 2.** La apertura es variada aunque por lo general aumenta hacia la superficie debido a la relajación de esfuerzos. En la mayoría de los casos, la estructura de la superficie de estas fisuras es plumosa, siendo su origen fundamentalmente sedimentológico.

En ocasiones, se han observado también planos sub-horizontales con superficies estriadas, indicando la existencia de superficies de cizalla paralelas a la estratificación. Estas superficies conocidas como "Bedding-Parallel Shear Zones, BPS" han sido observadas también en varias arcillas sobreconsolidadas de otras regiones, y se considera que son la causa principal de los grandes deslizamientos (Hamel, 1998, Hart, 2000). El origen de los BPS no se encuentra claramente definido en suelos sin importantes estructuras de plegamiento y falla. Como posibles causas se señalan las deformaciones mecánicas, dentro de las cuales se apuntan tres fenómenos: a) la rotura progresiva, b) la consolidación diferencial y c) la reptación "creep" gravitacional posterior a la relajación de tensiones por erosión.

Las zonas de cizalla "slicken-sides": se distribuyen en varias direcciones, normalmente oblicuas a la dirección horizontal de sedimentación o respecto a la microfábrica original, formando ángulos que oscilan entre 30° y 60°, siendo entre 30° y 45° los que se detectan en un mayor número de ocasiones.

Junto a éstos, se han identificado fisuras en varias direcciones, cuyos orígenes abarcan un amplio abanico entre los cuales tenemos las fisuras no sistemáticas y las grietas irregulares y orientación paralela local de láminas de arcilla. En la **tabla 2** se incluye un resumen de los tipos de microdiscontinuidad observados tanto a macro como a microescala. En estos mismos materiales algunos autores señalan también la existencia de diaclasas verticales en áreas próximas al deslizamiento que afectó a la balsa de estériles en Aznalcóllar, Sevilla, (Portilla, R. 2000; Alonso, E. & Gens, A. 2001).



Figura 2. Planos de estratificación en capas muy finas de arena.

El conjunto de microdiscontinuidades resulta ser una superficie de debilidad preexistente a través de la cual rompe el material. Por tanto, a efectos prácticos, el comportamiento geotécnico de las AAG está fundamentalmente controlado por la resistencia de dichas microdiscontinuidades

Este conjunto de microdiscontinuidades resulta ser una superficie de debilidad preexistente a través de la cual rompe el material. Por tanto, a efectos prácticos, el comportamiento geotécnico de las AAG está fundamentalmente controlado por la **resistencia de dichas microdiscontinuidades** que registran valores muy inferiores a los de la resistencia de la matriz de la arcilla sobreconsolidada. En términos de cohesión y ángulo de rozamiento interno, los planos formados por las fisuras con rugosidad y con algún relleno, adquieren valores de cohesión entre 0 y 0.25 kg/cm^2 y ángulo de rozamiento interno (17° a 19°). Sin embargo, los planos de cizalla "slicken-sides" representados por las reorientaciones de las partículas de arcilla, aportan valores más próximos a la resistencia residual, $\varphi' = 12°$ y 11° y cohesión cero.

TIPO	ORIGEN/MECANISMO	DIRECCIÓN/OBSERVACIONES
Planos y fisuras sistemáticos y "Bedding-Parallel Shear Zones"	• Estratificación, sedimentológico • Diferencia del grado de consolidación • Rotura progresiva • Descompresión	• Sub-horizontales • Continuidad muy alta • Espaciado muy variable • Apertura mínima. • Rellenos de cuarzo, calcita y yeso
Fisuras y diaclasas irregulares	• Relajación de tensiones • Grietas de retracción	• Buzamiento variable • Poca continuidad • Sin relleno • Abundan en la parte superficial (7 m)
Zonas de cizalla "Slicken-sides"	• Tectónico • Deslizamiento interno local • Presión de consolidación • Rotura por esfuerzos cortantes por expansión	• Frecuentes entre 30º y 60º • Continuidad media-baja • Planos estriados • Orientación de arcillas y otros elementos (fósiles y cristales)
Orientación preferente de arcillas	• Presión de consolidación anisotrópica	• Predominantemente sub-horizontales • Continuidad importante
	• Rotura por esfuerzos cortantes durante la expansión. • Crecimiento de cristales o escape de gas • Reacción agua y arcilla	• Varias direcciones • No tienen continuidad • Típicas en la parte superficial del sedimento

Tabla 2. Discontinuidades en las Arcillas Azules del Guadalquivir.

Alterabilidad: mecanismo y efecto en el comportamiento geotécnico

El fenómeno de alteración o meteorización física es uno de los problemas más importantes que influye en el comportamiento geotécnico de los suelos duros y rocas blandas. La AAG son muy susceptibles a transformaciones de tipo mecánico o físico. Están descritas (en estado sano) como un material con estructura densa, que les aporta una rigidez y resistencia importante que se va transformando de forma gradual a un suelo blando. En ellas, es relativamente frecuente encontrar suelos muy alterados que a veces alcanzan espesores superiores a 15 metros.

La alteración, que produce una pérdida muy importante de su resistencia al corte, no está asociada a cambios mineralógicos ni químicos sino a un cambio de las condiciones de microestructura interna como consecuencia de la perdida de la presión de sobreconsolidación y la interacción agua-arcilla (Tsige, M., et al, 1994). En la mayoría de las ocasiones, esta transformación no adquiere un aspecto importante a macroescala, excepto algunos signos de coloración debido a la presencia de óxidos en la superficie de las grietas y fisuras. Los dos mecanismos de alteración en las AAG son: la descompresión y el desmoronamiento.

Descompresión: se produce esencialmente por la relajación de las tensiones y/o dilatancia recuperable, a consecuencia de la disminución de los esfuerzos. Asociados a ello se produce la apertura y desarrollo de discontinuidades, esencialmente fisuras y diaclasas, aumenta la porosidad efectiva (permeabilidad) del terreno y disminuye la presión de sobreconsolidación. En este estado, los elementos más importantes que gobiernan el comportamiento geotécnico del sedimento son las fisuras y grietas de descompresión y no la matriz. Por ello, se producen con frecuencia inestabilidad de taludes o laderas naturales localizadas dentro de la AAG alteradas, especialmente cuando actúa el agua. El mecanismo de rotura más frecuente es de tipo curvo-traslacional teniendo como límite de rotura la línea imaginaria que separa la AAG sana de la alterada, que en la mayor parte de las ocasiones coincide con la dirección de los planos de estratificación.

Desmoronamiento. Rotura o disgregación del suelo en bloques relativamente grandes formados tanto por minerales de arcilla como por clastos de limo tapizados. La profundidad de las AAG que sufren este fenómeno puede alcanzar hasta 7 metros. El fenómeno se produce debido especialmente a la rotura de los enlaces electro-físicos entre los elementos durante la acción agua-arcilla "Slacking", dando como resultado unos suelos prácticamente sin cohesión. Las AAG, a pesar de ser materiales casi impermeables, presentan discontinuidades aludidas anteriormente (originales o desarrolladas durante la descompresión) que favorecen la percolación del agua a través de ellas, la cual queda atrapada dentro de la masa del suelo en un tiempo relativamente corto. Este hecho generaría presiones de compresión muy elevadas, produciendo la desintegración del suelo en bloques



Figura 3. Microfábrica compacta y densa observada en las AAG sanas (MEB). X 3000.



Figura 4. Vista de la microfábrica de la AAG muy alteradas. La microfábrica densa ha cambiado significativamente. Se ve una microfábrica esquelética muy abierta con importante porosidad. X 3000.

cada vez más pequeños. Lo mismo ocurre entre las láminas de arcilla individuales producido, tanto por la reducción de la concentración de iones como por la colocación de varias moléculas de agua en la superficie de las arcillas. Con los ciclos de humedad-sequedad aumenta el número de las capas de agua ordenándose de forma irreversible con una naturaleza de cuasi-cristal. Esto da lugar al aumento de la capa doble difusa alrededor de la superficie de las arcillas y, por tanto, el aumento de las fuerzas de repulsión entre los elementos. Con este mecanismo se produce, además de las roturas mecánicas, una rotura electrofísica de las arcillas y, como consecuencia, de los enlaces entre los agregados. Ello se favorece también por el alto contenido de minerales de arcilla expansivos. La organización de los elementos originales empaquetados de una forma más densa y homogénea en el sedimento sano, se transforma en una microfábrica cada vez más abierta, adquiriendo una organización algo más caótica o desorganizada, llegado a un grado de irreversibilidad textural de la masa de arcilla **(figuras 3 y 4).**

El fenómeno de alteración o meteorización física es uno de los problemas más importantes que influye en el comportamiento geotécnico de los suelos duros y rocas blandas

En esta situación, se dan condiciones favorables para la generación de los fenómenos de inestabilidad de laderas con un mecanismo o tipología de rotura en forma de reptaciones y flujos superficiales **(figura 5, a y b).** El límite de resistencia del suelo en este estado está gobernado por los microagregados inestables y arcillas dispersas. Al comparar los valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno se observa una disminución muy importante, especialmente en el último parámetro, acercándose a los valores de resistencia obtenidos en minerales de arcilla puros. Éstos son ángulos de rozamiento interno de entre 9º y 6º, respondiendo exclusivamente al comportamiento de la fricción entre partículas, fundamentalmente de las esmectitas.

En resumen

- Las Arcillas Azules del Guadalquivir, a pesar de presentar aspecto homogéneo, tienen comportamientos geotécnicos anisótropos.
- El comportamiento anómalo de este tipo de materiales, asociado a varios factores, responde principalmente a la historia geológica o historia geotécnica del sedimento o de la zona

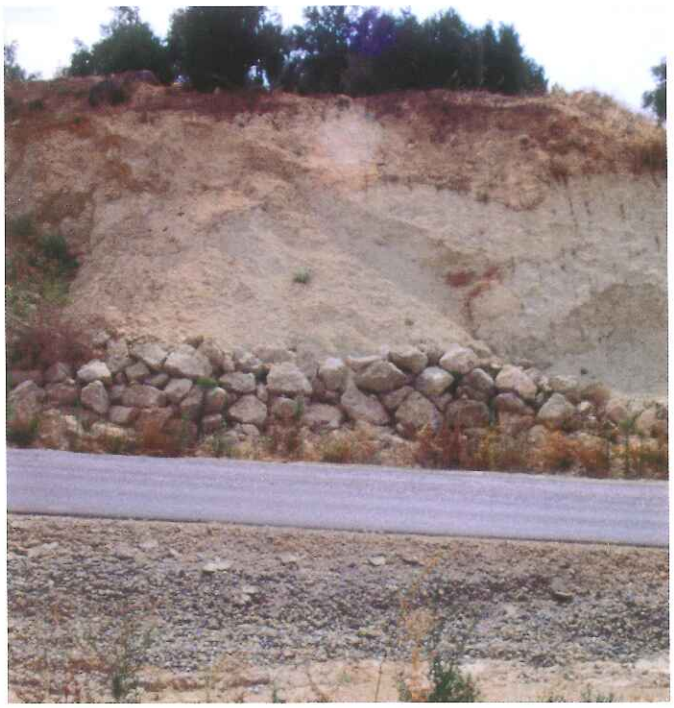


Figura 5a. Roturas de taludes en las AAG alteradas.



Figura 5b. Roturas de taludes en las AAG alteradas.

donde se encuentran, medio y condición de sedimentación, intensidad y forma de consolidación, actividad tectónica, erosión "unloading" y alteración.

- En las AAG los dos factores más importantes que responden a su comportamiento anómalo son la heterogeneidad estructural de la matriz de arcilla y la existencia de microdiscontinuidades.
- También se ve una diferencia de los parámetros mecánicos en función de la meteorización distinguiendo claramente tres zonas geotécnicamente distintas. AAG sanas, AAG alteradas y AAG muy alteradas.
- El proceso de meteorización no parece afectar los parámetros de identificación, lo cual es lógico teniendo en cuenta que las modificaciones no son de relevancia mineralógica ni química sino físico-mecánicas. Por tanto, si bien se considera interesante el conocimiento de estos parámetros de identificación obtenidos en ensayos rutinarios de laboratorio que pueden indicar el comportamiento geotécnico de forma cualitativa, resulta difícil establecer su comportamiento mecánico, sobre todo al pertenecer todos ellos al mismo grupo geotécnico.

En las AAG los dos factores más importantes que responden a su comportamiento anómalo son la heterogeneidad estructural de la matriz de arcilla y la existencia de microdiscontinuidades

Referencias bibliográficas

ALONSO, E. y GENS, A., (2001). Rotura en arcillas sobreconsolidadas. V Simposio nacional sobre taludes y laderas inestables, Vol. III, pp 1169-1227.

DICK J.C. & A. SHAKOOR (992). Lithological controls of mudrock durability", The Quarterly J. of E.G. V. 25 n 1 31-46.

HAMEL, J.V., (1998). Mechanism of Pleistocene rock slides near Pittsburg, Pennsylvania: International Journal of Rock Mechanics and Minning Sciences, 35, pp. 4-5.

HART, M. (2000). Bedding-parallelshear zones as landslide mechanisms in horizontal sedimentary rocks. Environmental Engineering Geoscience, 7, 95-114.

PORTILLA, R. (2000). Investigación de la rotura del depósito de estériles. Minas de Aznalcóllar. (Sevilla). Proc. Congreso Andaluz de Carreteras, Cádiz, pp. 1507-1525.

TSIGE, M., L. GONZÁLEZ DE VALLEJO, C. OTEO, M. DOVAL Y C. BARBA (1994). Microfabric of Guadalquivir Blue Marls and its Engineering Gelogic Significance. Proc. 7th Int. Assoc. Eng. Geo. 2, pp 659-665.

TSIGE, M., (1999). Microfábrica y mineralogía de las Arcillas Azules del Guadalquivir y su influencia en las propiedades geotécnicas. 294 pp, Ed. CEDEX, Monografía 64.

Revista Historia Natural

La revista Historia Natural (HN) ha sacado su primer número en octubre de 2003. Es fruto de un acuerdo entre la Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN), fundada en 1871, y la editorial NIVOLA. El objetivo de la nueva revista es la divulgación científica, una 'necesidad en los países desarrollados' según las palabras de su Director, Joaquín Fernández Pérez (UCM).

Está dedicada al público en general, a los profesionales de la enseñanza y, como no, a los propios científicos; es decir a todos aquellos que tengan curiosidad y 'deseen saber lo que la ciencia hace y como explica el mundo que nos rodea', ya que la ciencia aun sigue siendo una gran aventura para que la sociedad la disfrute y es deber de los que la hacen dar a conocer sus reflexiones, logros y padecimientos.

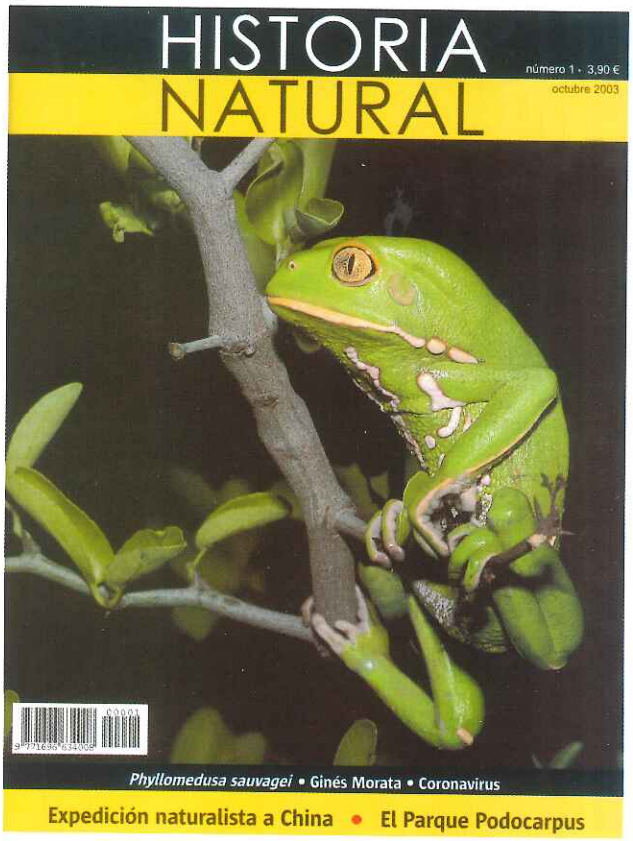
HN es una revista que espera nutrirse de las aportaciones de todos los científicos y desea que en ella encuentren los naturalistas el 'espacio adecuado para divulgar sus conocimientos' como propone Santiago Castroviejo (CSIC, RJB) actual Presidente de la RSEHN.

La divulgación del conocimiento científico es una tarea difícil pero agradecida, pues por su medio no sólo se da a conocer las interesantes tareas que se hacen en los laboratorios, sino que promueve el desarrollo cultural de la sociedad y , si cabe, puede decirse que ayuda a conocer mejor los problemas del mundo en que vivimos que es la primera premisa para llegar a dar con sus soluciones.

La nueva edición que aquí presentamos es, en definitiva, un reto editorial en nuestro país del que NIVOLA y la RSEHN esperan salir airosos.

El primer número de HN presenta el siguiente contenido principal:

- El Vesubio, un volcán con historia de tragedia, ciencia y arte.
- Un bosque entre nubes. El Parque Nacional Podocarpus (Ecuador)
- La Phyllomeda sauvagei, una rana muy singular.
- Una expedición naturalista a la provincia china de Yunnan.
- La situación de la biología y geología en la educación secundaria.
- De pesca por la Arabia prehistórica.
- Las enfermedades virales emergentes.
- El coltán, mineral estratégico del Siglo XXI.
- Sobre el uso en España de la expresión "medio ambiente".
- Cajal naturalista.
- El ciprés.
- Un hormiguero en el ordenador.



HN está dedicada al público en general, a los profesionales de la enseñanza, y como no, a los propios científicos

- Entrevista a Gines Morata, genetista, premio Ramón y Cajal de investigación 2002.
- La contaminación por petróleo en las costas y en el mar.
- Los muesos científicos coruñeses.

Los artículos van acompañados de ilustraciones todas ellas en color.

Nuestra bienvenida a la nueva revista.

Carlos Martín Escorza
Geólogo

Paleosismología: una herramienta fundamental para el conocimiento de las fallas activas y los terremotos

Juan Miguel Insua Arévalo*

Geólogo

Fidel Martín-González*

Lic. en CC Geológicas

Ramón Capote*

Dr. CC Geológicas

José J. Martínez-Díaz*

Dr. CC Geológicas

* Departamento de Geodinámica
Universidad Complutense de Madrid
insuarev@geo.ucm.es

El riesgo sísmico es uno de los riesgos geológicos más destructivos a que se ve sometida la Humanidad, tanto por la importancia de las pérdidas en vidas y los daños económicos que produce como por su carácter súbito y catastrófico. Desde hace años se ha llegado al convencimiento de que para prevenirlo es necesario identificar con precisión la fuente de los terremotos y determinar cuál es su dinámica. Las fallas activas son la fuente principal de terremotos destructivos en todo el mundo y por ello una gran parte del esfuerzo de los geólogos que trabajan en este campo se ha centrado en conocer cómo es su actividad tectónica y de qué forma ésta controla la producción de terremotos. Un nuevo panorama para los geólogos ha surgido con el desarrollo de nuevas ramas científicas, como la Tectónica Activa y la Paleosismología.

Según datos de las Naciones Unidas, en el periodo que va de 1972 a 1996 los terremotos han ocasionado un promedio de 18.715 víctimas mortales por año. Solo las hambrunas generadas por las sequías han superado este promedio de víctimas. Por lo que se refiere a los daños materiales durante el periodo 1987-1996 los terremotos ocasionaron pérdidas por valor de más de 63 mil millones de euros, muy por encima de cualquier otro fenómeno natural catastrófico **(Figura 1).** En la Península Ibérica durante el periodo histórico (que abarca algo más de 2.000 años) han tenido lugar al menos 10 terremotos destructivos. Solamente desde el año 1.373 se han producido más de 4.000 víctimas mortales en nuestro país asociadas a los terremotos, sin contar los efectos del seísmo de Lisboa de 1.755 cuyo tsunami ocasionó miles de víctimas en la costa suroccidental española. Entre los terremotos más destructivos se encuentran los de Andalucía en 1.884 y de Torrevieja de 1.829 cuyas magnitudes estimadas superaron el grado 7.0 en la escala Richter. En el último siglo, a pesar de que no se hayan producido terremotos de magnitud superior a 5.2 en España, las pérdidas económicas han sido cuantiosas. Pero, ¿qué ocurriría si en este momento se generase un terremoto semejante a los grandes eventos catastróficos antes citados? Se ha estimado que de

producirse en la actualidad un seísmo similar al de Lisboa las pérdidas económicas superarían los 2.400 millones de euros sin contar las pérdidas indirectas (Martínez Solares, 2001).

A escala mundial, el crecimiento incontrolado de las grandes ciudades en los países en vías de desarrollo está haciendo que, lejos de disminuir, las víctimas y los daños materiales inducidos directa e indirectamente por los terremotos

En las zonas de límite de placas, donde los movimientos relativos entre las mismas son rápidos, la tasa de transferencia de energía a las fallas de la zona es alta y por tanto la velocidad de las fallas es elevada



Figura 1. Efectos del terremoto de Izmit (Turquía) ocurrido en octubre 1999. Las fotografías superiores muestran numerosos edificios totalmente destruidos por la sacudida sísmica. En la fotografía inferior izquierda se observa el desplazamiento superior a 3 m de una cerca producido por la rotura en superficie inducida por la falla de desgarre del Norte de Anatolia. La traza de la superficie de rotura pasó bajo un viaducto de la autovía Ankara-Estambul que, como se observa en la otra fotografía inferior derecha, quedó en una posición meta-estable a punto del derrumbe debido a la vibración y al desplazamiento de los pilares a ambos lados de la falla.

sean cada vez mayores. Estos datos son argumento suficiente para considerar la importancia de la necesidad de un aumento progresivo de nuestro conocimiento acerca del fenómeno sísmico y de su aplicación a la gestión del riesgo sísmico. Para ello es necesario conocer y comprender el comportamiento de las fuentes generadoras de ese fenómeno sísmico, es decir las fallas activas.

Limitaciones en el estudio de los grandes terremotos

Un terremoto puede definirse de forma simplificada como el movimiento de una porción de la corteza terrestre inducido por la reactivación de una falla y los efectos que produce la liberación de la energía que se acumulaba en la misma. Existe gran número de fallas de dimensiones importantes en prácticamente cualquier ámbito geológico. ¿Qué es lo que hace que en determinadas zonas las fallas sean sísmicamente activas y algunas de ellas generen grandes terremotos? Para responder esta cuestión es necesario comprender que una falla sísmicamente activa es un sistema dinámico que acumula de forma progresiva energía en forma de deformación elástica. Esta energía procede del movimiento constante de las placas litosféricas. En las zonas de límite de placas, donde los movimientos relativos entre las mismas son rápidos, la tasa de transferencia de energía a las fallas de la zona es alta y por tanto la velocidad de las fallas es elevada. Una falla "rápida" es capaz de acumular en relativamente poco tiempo gran cantidad de energía de deformación. Cuando esa acumulación hace que la falla llegue a su umbral de resistencia, se genera el terremoto y parte de esa energía se libera, comenzando de nuevo el ciclo de acumulación de energía, lo que denominamos el "ciclo sísmico"

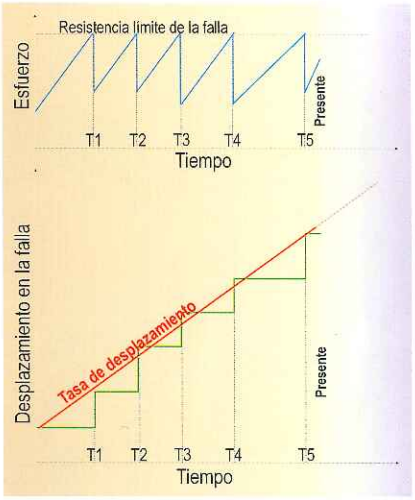


Figura 2. Las fallas sismogenéticas acumulan energía a lo largo del tiempo y, al llegar a su límite de resistencia la liberan bruscamente, deslizando un labio contra el otro y generando un terremoto. La figura muestra este efecto en una falla modelo a lo largo de un tiempo en el que se han producido 5 terremotos (T1, T2, ..., T5). De esta manera se puede obtener una tasa de deslizamiento de la falla, a la vez que se puede estimar una periodicidad aproximada de su sismicidad asociada para un rango de tiempo amplio.

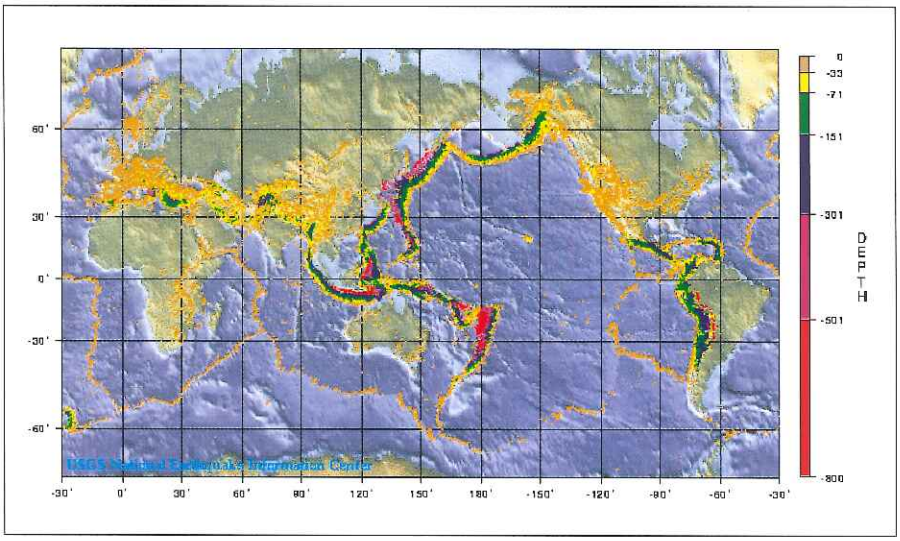


Figura 3. Las zonas de mayor actividad sísmica se sitúan en los bordes de placa donde se acumula y libera gran cantidad de la energía inducida por el movimiento de las platas tectónicas. Entre estos límites los que presentan mayor actividad son aquellos en los que la velocidad de convergencia o desplazamiento relativo es mayor, como en el caso de California, Nueva Zelanda o Japón, ya que en ellos los ciclos sísmicos de acumulación y liberación de energía son más cortos.

Una falla "rápida" es capaz de acumular en relativamente poco tiempo gran cantidad de energía de deformación

(Figura 2). Por ello una falla con elevada velocidad de movimiento es capaz de generar grandes terremotos en intervalos de tiempo relativamente pequeños. Esta es la razón por la que las fallas sísmicamente más activas del planeta se sitúan en aquellas zonas donde los movimientos relativos entre las placas son más rápidos, es decir: la zona de convergencia del oeste de América (Sur de California, Centro América y costa oeste sudamericana fundamentalmente), la zona de subducción del oeste de la placa Pacífica (Japón, Filipinas, Nueva Zelanda) y la zona oriental del cinturón Alpino (Grecia, Turquía y zona del Himalaya) **(Figura 3).**

La Península Ibérica se sitúa en el sector occidental del cinturón Alpino donde la velocidad de convergencia entre las placas Euroasiática y Africana es de 4 a 5 mm/año, es decir casi 10 veces más lenta que la convergencia en las zonas más activas del planeta, y de 2 a 3 veces más lenta que en la zona del Mediterráneo Oriental **(Figura 4).** Esa velocidad, de por sí lenta, se reparte en el movimiento de todas las fallas activas de la Península, lo que hace que las fallas más rápidas (situadas en la Cordillera Bética) no superen los 0,5 mm/año de velocidad promedio. La consecuencia directa de esto es que los periodos de tiempo necesarios para que se acumule la energía a lo largo de las fallas de gran longitud (más de 60 o 70 km) sean muy grandes (de miles a decenas de miles de años). Por esta razón los intervalos de tiempo promedio que separan los terremotos mayores de estas fallas (terremotos de magnitudes superiores a 6.0) son de ese mismo orden de magnitud.

Es fácil pues comprender que si a la hora de estimar el grado de peligrosidad sísmica de una falla solamente tenemos en cuenta el catálogo de terremotos registrado instrumentalmente mediante sismógrafos, que solo abarca en España los últimos 80 años, estamos considerando una fracción minúscula del ciclo sísmico de las fallas potencialmente catastróficas. En estas condiciones difícilmente podremos comprender su comportamiento pasado y futuro. Si al registro de terremotos instrumentales, sumamos la denominada sismicidad histórica, es decir aquellos terremotos históricos de los que tenemos noticias escritas, la ventana de información se abre en nuestro caso unos 2.000 años **(Figura 5).** A pesar de que con estos datos la información aumenta, todavía sigue siendo incompleta, sobre todo teniendo en cuenta que los datos históricos hasta el momento no son suficientes para localizar de forma precisa los epicentros de los mayores terremotos, y por tanto las fallas responsables son todavía desconocidas.

Estas drásticas limitaciones en el conocimiento de la sismicidad impuestas por una velocidad de convergencia de

placas lenta, pueden ser vencidas mediante la utilización de la paleosismología, una ciencia de desarrollo reciente que combina la geología con otras ramas científicas. Como se mostrará a continuación, la paleosismología es la herramienta que nos permite identificar y cuantificar terremotos prehistóricos y con ello contribuye a completar el catálogo sísmico de una región. Como hemos visto, completar el catálogo sísmico es una condición fundamental a la hora de entender el comportamiento sísmico de las fallas de una región de actividad moderada como es la Península Ibérica.

¿Qué es la Paleosimología?

Para poder observar los efectos de los terremotos prehistóricos en el registro geológico se recurre a disciplinas como la Geología Estructural, la Estratigrafía, la Tectónica y la Geomorfología, que junto a técnicas de datación nos servirán para caracterizar las fallas que generan los terremotos (fallas sismogenéticas). Todas estas disciplinas se integran en la Paleosismología con el fin de determinar la historia sísmica y reconstruir terremotos pasados que nos permitan conocer el tipo y grado de actividad sísmica que presentan las fallas de una región. Por tanto el objetivo principal de la paleosismología es la búsqueda, identificación y cuantificación de los efectos de terremotos pasados.

La primera vez que se reconoció el movimiento de una falla en la superficie del terreno y se asoció a un terremoto destructivo fue en 1890 cuando A. McKay describe los efectos de terremoto de Amuri en la isla sur de Nueva Zelanda. Charles Lyell ya había incluido en sus "Principios de Geología" descripciones de superficies de ruptura asociadas a grandes terremotos en la India y en Nueva Zelanda. Sin embargo, estas y las siguientes descripciones, cuyas referencias pueden consultarse en McCalpin (1996), no dejaron de ser catalogaciones de efectos hasta la década de los años 20. Desde esta fecha, la disponibilidad de fotografías aéreas, la cartografía detallada de fallas activas y estructuras asociadas, y la aparición de la técnica del carbono 14,

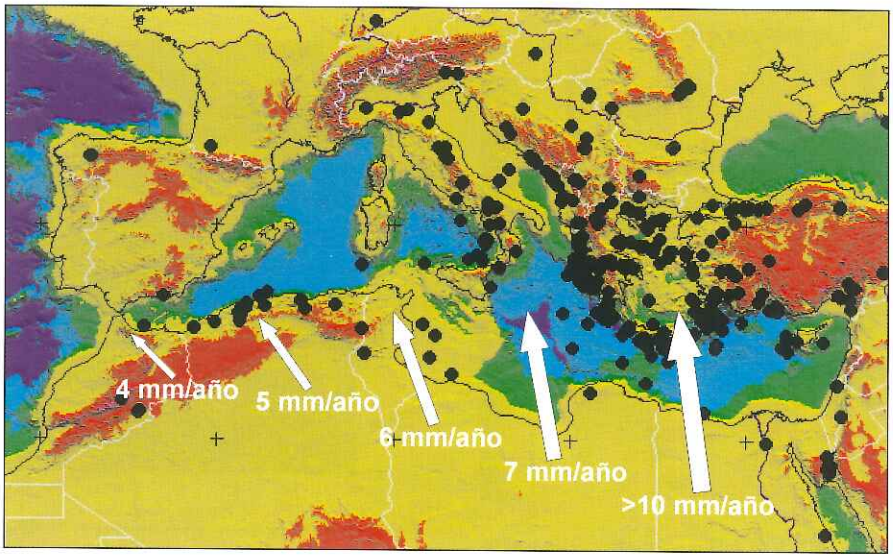


Figura 4. Modelo digital del terreno de la zona del Mediterráneo occidental en el que se indican las velocidades de acercamiento relativo entre la placa Africana y la Euroasiática. Obsérvese como la dirección y la magnitud del vector de velocidad aumenta hacia el este. Los puntos negros representan los epicentros de los principales terremotos instrumentales. La mayor tasa de sismicidad se produce en la zona de convergencia más rápida.

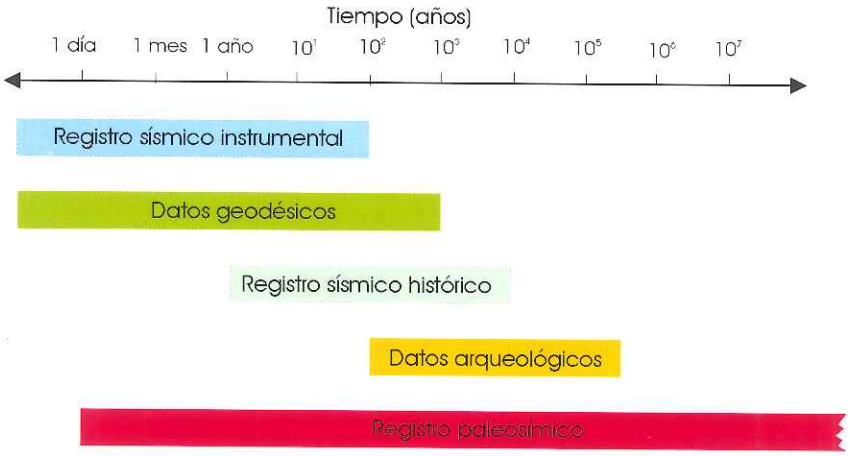


Figura 5. Las ventanas temporales de observación del fenómeno sísmico varían dependiendo de la metodología utilizada. Los métodos tradicionales abarcan un corto espacio de tiempo en relación a la vida de una falla. La paleosimología amplia la ventana de información acerca del comportamiento de una falla completando el catalogo sísmico y permitiendo establecer con más detalle su "ciclo sísmico".

que permite datar con precisión eventos sísmicos pasados, dio comienzo al nacimiento progresivo de la Paleosismología como una nueva rama de las ciencias de la tierra.

Existen dos tipos principales de observaciones geológicas que se pueden realizar tras un gran terremoto para estimar sus efectos en el terreno y que son utilizadas por la Paleosismología como criterios de identificación y cuantificación. Por un lado las directas, realizadas en la zona de falla reactivada que permiten observar los desplazamientos que la falla sismogenética puede inducir sobre canales fluviales, estratos sedimentarios o cualquier otro elemento del que conozcamos su geometría original.

MÉTODO	TÉCNICAS	¿QUÉ SE ESTUDIA?
OBSERVACIONES DIRECTAS	Geomorfológicas	• Estudio de escarpes de falla o la expresión en superficie de la rotura del terremoto • Desplazamientos de elementos del paisaje como canales, terrazas, etc.
	Zanjas y trincheras	• Identificación de secuencias estratigráficas • Episodios de rotura de la falla sobre las secuencias estratigráficas • Plegamiento o basculamiento de la secuencias estratigráficas
OBSERVACIONES INDIRECTAS	Estudio de depósitos de Tsunamis	• Identificación de depósitos de Tsunamis o maremotos dentro de otras secuencias
	Paleolicuefacción	• Identificación de sismitas
	Deslizamientos y desprendimientos de rocas	• Observación de materiales movidos de su posición original por la aceleración del terreno tras un terremoto. Así como acumulación extra de sedimentos en deltas, canales, etc. • Turbiditas
	Dendrología	• Identificacion de anomalias en el crecimiento continuo de los anillos de los arboles. Irregularidades que indiquen roturas, caidas o alteraciones de su crecimiento
	Geomofológicas	• Levantamiento o basculamiento de superficies regionales, terrazas marinas o líneas de costa • Encajamiento de la red de drenaje

Tabla 1. En los estudios de paleosimología se pueden hacer dos tipos principales de observaciones en función de su relación con la falla: directas e indirectas.

Por otro lado están las observaciones indirectas que se refieren a los efectos secundarios que produce un terremoto en la sedimentación o el paisaje en el entorno de la zona de falla, pero en los que no podemos medir el desplazamiento real durante el terremoto **(Tabla 1).**

Las observaciones indirectas requieren de un estudio específico para poder inferir a partir de ellas y de forma indirecta las magnitudes de los terremotos e interpretar la génesis y los efectos de los procesos de deformación sísmica. Por ello, no siempre podrán ser atribuidas inequívocamente a una falla sismogenética concreta. A pesar de ello ofrecen una interesante información sobre la existencia de fallas sísmicamente peligrosas en regiones donde no se puedan obtener otros datos directos.

En cuando a las observaciones directas, las más importantes que podemos destacar, son el desplazamiento de elementos geomorfológicos en superficie y las observaciones realizadas en trincheras o zanjas. Las primeras consisten en observar y cuantificar los desplazamientos producidos por la falla en su movimiento sobre canales, arroyos, abanicos aluviales, terrazas fluviales o marinas, plataformas coralinas, acantilados, deltas y cualquier otro elemento del que conozcamos su génesis y morfología de depósito original, y por tanto podamos inferir el desplazamiento producido durante el terremoto reconstruyendo su morfología original **(Figura 6).**

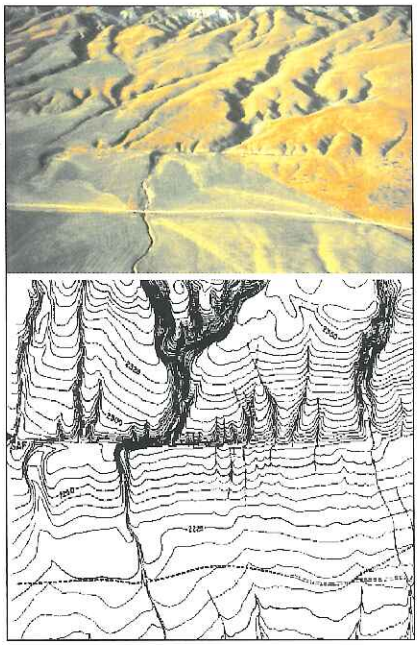


Figura 6. Las fallas alteran en superficie elementos del paisaje como los canales y arroyos que son desviados de su trayectoria natural. Las observaciones de estos cambios por medio de microtopografia permiten conocer el movimiento y establecer los distintos episodios de movimiento de la falla. La fotografía aérea es de un segmento de la falla de San Andrés (Wallace Creeck) y muestra el cambio de dirección de los canales inducido por la falla de desgarre y el desplazamiento producido por cada terremoto.

De esta forma se puede estimar la magnitud máxima del terremoto que causó el desplazamiento. Y si además datamos los elementos, podremos estimar la tasa de deslizamiento de la falla, el tiempo transcurrido desde el último evento así como los intervalos de recurrencia (cada cuanto tiempo se repite un terremoto determinado). Estos son parámetros de gran importancia para las estimaciones de probabilidades de ocurrencia necesarias en los cálculos de peligrosidad sísmica. Para cuantificar estos desplazamientos se recurre a

mapas topográficos de gran precisión sobre los que se miden los desplazamientos. Con estos mapas se pueden realizar modelizaciones de las distintas morfologías de los escarpes de falla (expresión de la rotura de la falla en superficie durante sucesivos eventos) y estimar la velocidad de movimiento de la falla conociendo su morfología actual y las tasas de degradación, que son una medida del tiempo y están en función del clima y los materiales que forman el escarpe de falla.

También se mide y cuantifica el levantamiento *(uplifting)* de superficies marinas como terrazas, playas o niveles de erosión del oleaje en acantilados para determinar, conociendo la edad y el nivel del mar en cada momento, el desplazamiento producido durante eventos sísmicos.

Pero son las observaciones directas en trincheras o zanjas las que ofrecen la mayor y más detallada información sobre los terremotos del pasado y permiten de manera más fiable caracterizar la actividad de una falla. El fundamento de las trincheras consiste por un lado en identificar las secuencias estratigráficas de los sedimentos mas recientes que han sido deformados por la falla en sus sucesivos movimientos sísmicos, y por otro lado datar y cuantificar estas roturas y a qué niveles afecta. Sin entrar en las técnicas para la realización de trincheras que serán detalladas mas adelante, podemos destacar que gran parte del tiempo empleado en este tipo de estudios se utiliza en determinar el emplazamiento de la trinchera, ya que lo que se busca es el punto donde la falla haya roto la superficie mas veces y exista un deposito sedimentario lo más reciente posible afectado que permita datar la deformación cosísmica.

Las observaciones indirectas aunque no permiten cuantificar ni definir la falla sismogenética con precisión, han alcanzado gran desarrollo ya que en numerosas ocasiones la observación directa de la falla es imposible. Esto sucede en terremotos donde por su profundidad o magnitud no se ha producido rotura o deformación en superficie que se pueda cuantificar. También en zonas donde las fallas estén ocultas, bien por encontrarse debajo del mar, bien por encontrarse bajo un espesor de depósitos sedimentarios importante, o bien porque los elementos morfológicos están completamente alterados por la acción antrópica, la vegetación o la erosión. Por otro lado hay que tener en cuenta que la mayoría de los terremotos que se producen en el mundo se localizan en bordes de placa, donde por la profundidad del hipocentro (por ejemplo en zonas de subducción) o por el hecho de encontrarse mar adentro resulta imposible encontrar la rotura. Por todas estas razones las observaciones indirectas aportan una información muy valiosa.

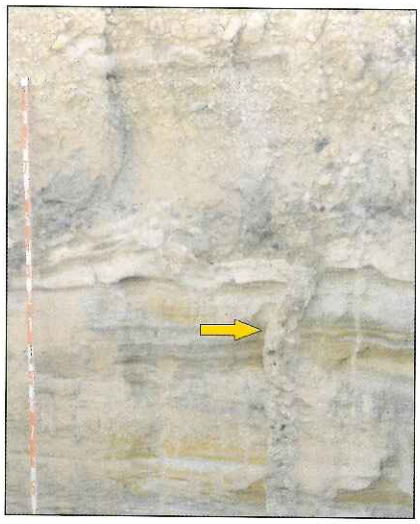


Figura 7. Ejemplo de estructura de licuefacción en la Isla de Milos (Grecia). El conducto tubular está producido por la extrusión de arena en estado licuado y sobre-presurizado debido a una sacudida sísmica. Los procesos de licuefacción son gran valor a la hora de estimar las magnitudes de paleoterremotos atendiendo a las aceleraciones del terreno necesarias para su generación.

Para cuantificar los desplazamientos se recurre a mapas topográficos de gran precisión sobre los que se miden los desplazamientos

Una de las observaciones indirectas destacables es la identificación de depósitos de tsunamis, que nos dan un registro de maremotos (tsunamis) ocurridos en tiempos pasados. Los maremotos son inducidos por terremotos en fallas del fondo marino de suficiente magnitud para producir una perturbación en la lamina de agua suprayacente. Esta perturbación produce una ola que puede viajar miles de kilómetros y arrasar la costa dejando estos depósitos de carácter caótico. Esto ocurrió por ejemplo en el terremoto de Lisboa de 1755 cuyo epicentro estaba situado en una falla a 200 km del punto más cercano a la costa portuguesa, en medio del Océano Atlántico, y que causo la muerte de 5.000 personas en Portugal y 1.214 víctimas en la costa española. Este maremoto dejó depósitos en el golfo de Cádiz, que pueden ser identificados y correlacionados con otros parecidos pero anteriores, indicando una repetición de maremotos de la misma magnitud.

Otra observación indirecta es la paleolicuefacción de depósitos producidos por la vibración del terreno durante un terremoto. Estas estructuras llamadas sismitas presentan diferentes morfologías asociadas a procesos de inyección por sobre-presión que pueden llegar a indicar la magnitud del terremoto que los originó **(Figura 7).**

Los desprendimientos de rocas y deslizamientos son otras observaciones que indicarían una gran aceleración del terreno tras un terremoto que sirvió de detonante. Toda esta producción extra de sedimentos puede quedar registrada en deltas, depósitos costeros y en el represamiento de ríos, donde pueden ser estudiados y datados los terremotos responsables.



La herramienta por excelencia dentro de la paleosismología es la técnica de las trincheras, principalmente realizadas sobre fallas, aunque también se realizan excavaciones en depósitos susceptibles de licuefactar o en depósitos de tsunamis

Figura 9. Proceso de registro de las estructuras principales en la pared de una trinchera. Obsérvese el mallado de referencia y las "banderas" rojas marcando las fallas.

Otra observación indirecta de un terremoto pasado es el efecto de la falla a su paso por zonas vegetadas con árboles, donde las raíces y los troncos son deformados y rotos por la sacudida y el movimiento de la falla. La técnica de la dendrocronología permite datar los periodos donde fue dañado el árbol o fue alterada su posición o forma.

La mayoría de las observaciones indirectas pueden generarse a grandes distancias de la zona epicentral, y por tanto su interpretación a la hora de asociarlas a la actividad de una falla concreta debe ser cuidadosa y apoyada en otras observaciones paleosísmicas.

Metodología para la caracterización de fallas activas. Trincheras

La herramienta por excelencia dentro de la paleosismología es la técnica de las trincheras, principalmente realizadas sobre fallas, aunque también se realizan excavaciones en depósitos susceptibles de licuefactar o en depósitos de tsunamis. En adelante nos referiremos en particular a las trincheras realizadas sobre fallas sismogenéticas, ya que son las que ofrecen información más precisa sobre los terremotos del pasado. En ellas se obtiene una visión de máxima precisión de las estructuras asociadas con los distintos eventos sísmicos a determinar, así como un acceso directo a las unidades estratigráficas involucradas en ellos. Este acceso además permite la toma de muestras para la realización de dataciones.

Para que la ubicación de las trincheras sea la adecuada y se obtenga un rendimiento óptimo en la investigación, han de llevarse a cabo varios estudios previos. Por un lado, se determinan aspectos tectónicos regionales, tensor de esfuerzos reciente, y se analizan aspectos estructurales relativos a la falla o fallas sismogenéticas a estudiar como son el tipo de falla, dirección y buzamiento, traza, desplazamiento relativo entre labios, división de la traza de la falla en segmentos, etc.

Otro aspecto a considerar son las características geomorfológicas de la zona (tanto analizando mapas de microtopografía detallada como mediante interpretación de foto aérea). Estos aspectos incluyen análisis de escarpes producidos por la rotura de la falla en la superficie del terreno, patrones de las redes de drenaje en los que se puedan detectar variaciones significativas de los cursos de los ríos, superficies erosivas o sedimentarias desplazadas en la vertical, perfiles longitudinales de ríos alterados a su paso por una zona de supuesta falla. Con esto se puede definir con una precisión métrica cual es la localización de la traza de la falla sismogenética a estudiar **(Figura 8A).**

Y por último hay que considerar los aspectos tectosedimentarios: la ubicación de la trinchera ha de hacerse en los depósitos más modernos afectados por un evento sísmico con el fin de acotar en el tiempo el último de ellos. Por esto hay que hacer una detallada cartografía e interpretación de episodios y relaciones sedimentarias de los depósitos afectados. Éstos, a menudo son niveles de abanicos y/o terrazas fluviales, ya que suelen ser los depósitos modernos más susceptibles de ser afectados por una falla sismogenética, dado el carácter continental de las fallas que se estudian con las trincheras.

Una vez contemplados todos estos aspectos se procede a la excavación (de entre 15 y 30 metros de longitud y de 2 a 5 metros de profundidad máxima) de la o las trincheras que se consideren necesarias para el conocimiento completo de la historia sísmica de la falla. Hay que señalar que los datos finales obtenidos de una trinchera a otra en una misma falla a escasa distancia una de otra, pueden variar notablemente, por lo que es una práctica habitual hacer varias trincheras a lo largo de una falla para una caracterización más completa y representativa de la misma.

En las paredes excavadas, tras su limpieza, se procede a la colocación de un mallado de referencia siguiendo técnicas utilizadas en yacimientos arqueológicos

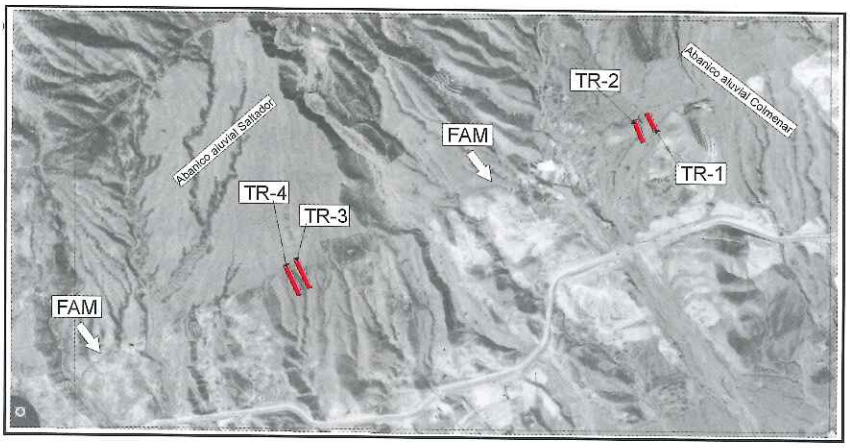
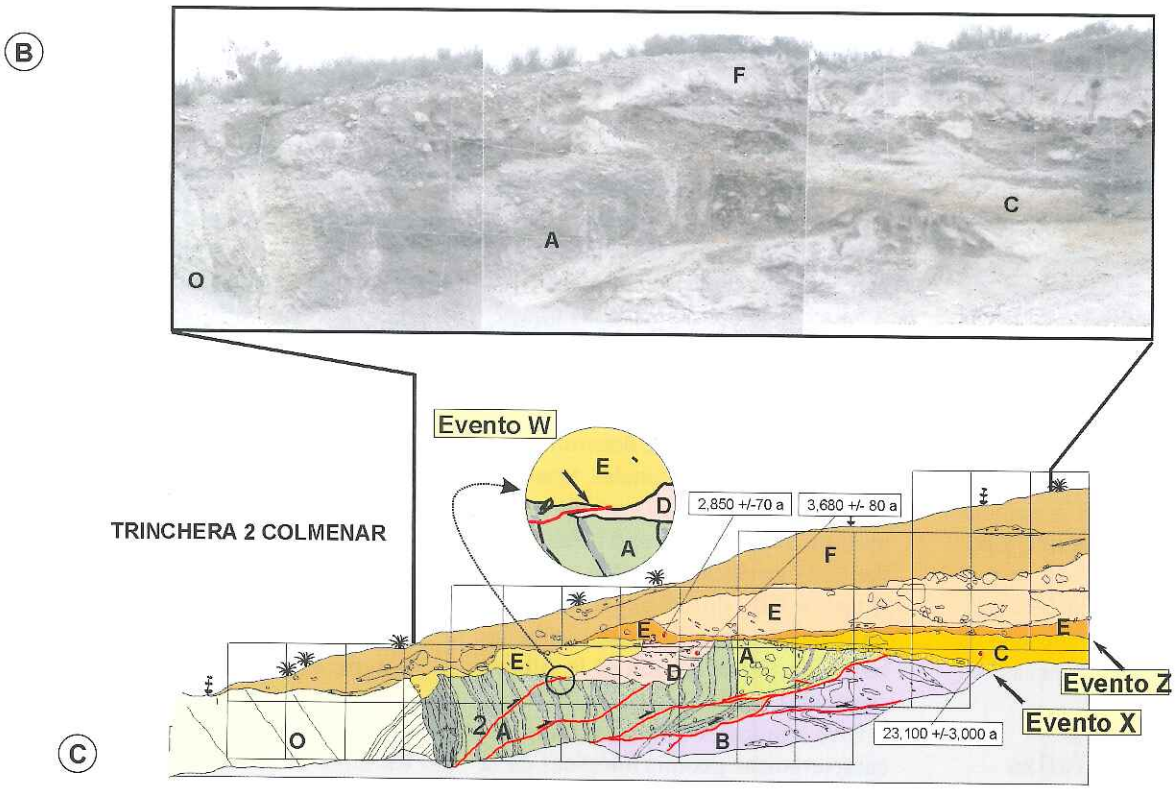


Figura 8 A. Foto aérea de la Falla de Alhama de Murcia (AMF) cortando depósito de abanico aluvial cuaternarios. Sobre la traza de la falla se marca la posición de 4 trincheras (TR 1, 2, 3 y 4) realizadas por los departamentos de Geodinámica de las Universidades Complutense de Madrid y Barcelona.



UNIDADES SEDIMENTARIAS

F Suelo actual superpuesto a todas las unidades en la parte baja, mientras que en la parte alta aflora el abanico aluvial intermedio.

E Gravas grises con cantos angulares y matriz fina alternando con arenas y limos amarillentos ocasionalmente. Esta unidad buza ligeramente hacia el noroeste y se superpone a las unidades C y B

D Gravas granosoportadas con arenas y limos intercalados. Matriz arenosa color gris. Cantos mayoritariamente de hyllitas grises imbricadas. Estructuras internas de canal con base erosiva

C Capa de arena roja fina granodecreciente. Contiene algunos cantos dispersos en una matriz amarillo-rijiza. Es la única unidad rojiza que se observa en la zona que muestra sedimentos de color gris

B Suelo carbonático de 2 m de potencia con calcretas laminares a techo. Esta unidad está fuertemente cementada y es difícil de escavar. Se ha encontrado aflorando en varios puntos en la zona siempre sobre la unidad A.

A Gravas gruesas color rojizo con poca matriz. Presenta arenas de grano grueso intercala Cantos angulares procedentes de los materiales metarmórficos y carbonáticos de la Sie de la Tercia. Basculado tectónicamente 45º hacia el NW

O Margas, limos y yesos miocenos amarillentos.

Figura 8 B y C. Fotografía e interpretación de una de las trincheras (TR-2). En los recuadros se muestran los eventos diferenciados y las edades de los materiales datados por termoluminiscencia y carbono-14. (Tomado de Hernández Enrile et al., 2000).

MÉTODO	BREVE DESCRIPCIÓN	MATERIAL APROPIADO	RANGO (años x 1.000)	ERROR
Carbono 14 (14C)	Desintegración radiactiva del ^{14}C en ^{14}N	Madera, conchas, materia orgánica en general	0 – 35	± 2%
Series de Uranio (U/Th)	Desintegración radiactiva del ^{238}U, ^{235}U y ^{232}Th	Carbonatos (corales, caliches, espeleotemas)	10 – 350	± 10-40%
Potasio/Argón (K/Ar)	Desintegración radiactiva del ^{40}K en ^{40}Ar	Rocas ígneas (feldespatos, micas)	10 – 800	± 2 - 20%
Fission Track	Variación de la red cristalina de minerales que contienen uranio por desintegración	Materiales ígneos (apatito, zircón, esfena)	20 – 1.000	± 10-40%
Termoluminiscencia (TL)	Desplazamiento de electrones por radiación de partículas alfa, beta y gamma	Limos con cuarzo	30 – 300	± 10-30%
Cosmogénicos	Desintegración de isótopos cosmogénicos (^{10}Be, ^{36}Cl, ^{26}Al, He, Ne)	Cuarzo, olivino	0 – 4.000	± 10-30%
Tefrocronología	Datación de cenizas volcánicas	Cenizas volcánicas	0 – 10.000	
Liquenometría	Relación directamente proporcional de los tallos de líquenes con su edad	Superficies expuestas de roca con líquenes	0,1 - 3	± 10-60%
Aminoácidos	Liberación de aminoácidos por proteinas	Conchas y esqueletos carbonáticas	0,5 - 300	± 10-50%
Dendrocronología	Anillos de crecimiento de árboles	Arboles de gran longevidad	0 - 10	< 2%
Paleomagnetismo	Correlación del vector magnético remanente en minerales susceptibles al campo magnético terrestre	Sedimentos finos, coladas volcánicas, rocas carbonáticas	0 - 700	
Depósitos varvados en lagos	Depósitos anuales en fondos de lago	Depósitos de fondo de lago	0 - 1	± 2-8%
Palimnología	Análisis relativo de partículas de polen y polinofacies	Sedimentos finos	Depende del nivel de conocimiento de los pólenes	

Tabla 2. Principales métodos de datación en paleosismología.

con el que se obtiene una precisión centimétrica en la ubicación de cada uno de los elementos y estructuras diferenciadas en la pared. A continuación se marcan los niveles estratigráficos que aparezcan y se definen e interpretan las relaciones sedimentarias y estructurales existentes entre ellos **(Figura 9).** Sobre esta interpretación se identifica el número de eventos sísmicos que han quedado reflejados en forma de niveles sedimentarios rotos, o plegados, o flexurados; en definitiva, afectados por uno o varios eventos sísmicos **(Figura 8 B y C).** A su vez se miden los desplazamientos cosísmicos asociados a cada evento, con el fin de tener un dato fundamental para poder estimar la magnitud del terremoto asociado a dicho desplazamiento. La magnitud de un terremoto está estrechamente ligada al salto que se produce en la falla que lo genera, por lo que si determinamos el valor de este salto, y conociendo la longitud de la falla, se puede estimar, mediante relaciones empíricas, la magnitud de un terremoto (Wells y Coppersmith, 1994) **(Figura 10).**

Como paso final, se procede a la toma de muestras de aquellos niveles que tienen la clave para dar un valor de tiempo que sea útil. Estos niveles son aquellos que acotan, por arriba y por abajo, en qué momento se produjo uno o varios de los eventos sísmicos identificados, y han de tener una característica esencial: que sean susceptibles de ser datados por cualquiera de los métodos de datación conocidos (^{14}C, AMS, U/Th, termoluminiscencia, cosmogénicos, palimnológicos). (Ver **Tabla 2**). La clave de un buen estudio paleosismológico está en la obtención de unas dataciones precisas, ya que todos los datos a obtener para el análisis de la peligrosidad sísmica consiguiente están estrechamente ligados al factor tiempo.

Con toda la información recogida en las trincheras (tipo de falla, desplazamiento, número de eventos) y con la relación temporal obtenida de las dataciones, se llega a hacer una interpretación sísmica de la falla de estudio obteniéndose los parámetros que posteriormente podrán ser utilizados para el análisis probabilístico de la peligrosidad sísmica de la zona: magnitud de terremotos detectados, último terremoto importante, periodos de recurrencia. Pero además se obtienen datos de interés geodinámico que revierten en el conocimiento de la tectónica actual de las zonas estudiadas, ya que se pueden determinar velocidades de fallas, tasas de levantamiento de grandes áreas, movimientos relativos entre bloques, etc.

Aplicación de la paleosismología

Además de su vertiente científica, la paleosismología se está mostrando como una herramienta con grandes perspectivas de aplicación futura en los programas de gestión de riesgos naturales

y concretamente en la evaluación y gestión del riesgo sísmico. El riesgo sísmico se define como la estimación de las pérdidas potenciales que puede generar la actividad sísmica en un emplazamiento o en una zona. El cálculo del riesgo sísmico requiere haber determinado antes la vulnerabilidad de la zona de interés así como la peligrosidad sísmica, de tal manera que el valor final del riesgo viene dado por el producto de la peligrosidad por la vulnerabilidad. La Peligrosidad Sísmica es la probabilidad de que en una zona determinada se supere un valor de movimiento del terreno debido a terremotos durante un periodo de tiempo de interés. Es en el cálculo de la peligrosidad donde los estudios de paleosismología desempeñan y van a desempeñar un papel importante en el futuro. El actual mapa de peligrosidad en el que se basa la Norma de Construcción Sismorresistente en España ha sido realizado basándose en el efecto que tendrían en la actualidad los mayores terremotos históricos catalogados en caso de producirse en el mismo lugar en que ocurrieron. Como veíamos con anterioridad, una falla reconocida como activa a través de los estudios geológicos, no puede considerarse inactiva por el hecho de que carezca de actividad sísmica histórica o instrumental asociada.

Una falla puede ser potencialmente peligrosa, encontrarse en la actualidad dentro de una fase de su ciclo sísmico muy cerca de la rotura, y al mismo tiempo no presentar sismicidad asociada. La paleosismología es la única herramienta que nos puede permitir identificar las edades y tamaños de los últimos grandes terremotos que produjo esa falla durante el cuaternario reciente, y con esos datos poder estimar una probabilidad futura de reactivación para la misma. En zonas de baja actividad es especialmente importante obtener este tipo de datos, puesto que para nuestras fallas "lentas" el porcentaje de registro sísmico conocido es mucho más pequeño que el porcentaje de registro conocido en zonas como California o Japón. Los estudios paleosísmicos ya han sido integrados en California en los mapas de peligrosidad sísmica y han permitido acotar de forma mucho más precisa las zonas donde cabe esperar una mayor aceleración con una mayor probabilidad, con las ventajas que ello conlleva a la hora de gestionar el modo de construcción en cada área.

Hasta la fecha en España son todavía escasos los estudios paleosísmicos. Únicamente los departamentos de Geodinámica de la Universidad de Barcelona y la Universidad Complutense de Madrid han realizado estudios de este tipo utilizando en varios casos la técnica de las trincheras y obteniendo dataciones absolutas y relativas de varios paleoterremotos cuaternarios de magnitud mayor de 6.0 en las Cordilleras Béticas y en las Costero-Catalanas. Es evidente la necesidad de impulsar este tipo de estudios en esas y en otras zonas de la península Ibérica, Baleares y Canarias. Solo si rastreamos la actividad prehistórica de nuestras fallas llegaremos a ser conocedores de qué fallas son activas sísmicamente, y cuales son potencialmente las fallas con mayor peligrosidad.

Además de su vertiente científica, la paleosismología se está mostrando como una herramienta con grandes perspectivas de aplicación futura en los programas de gestión de riesgos naturales

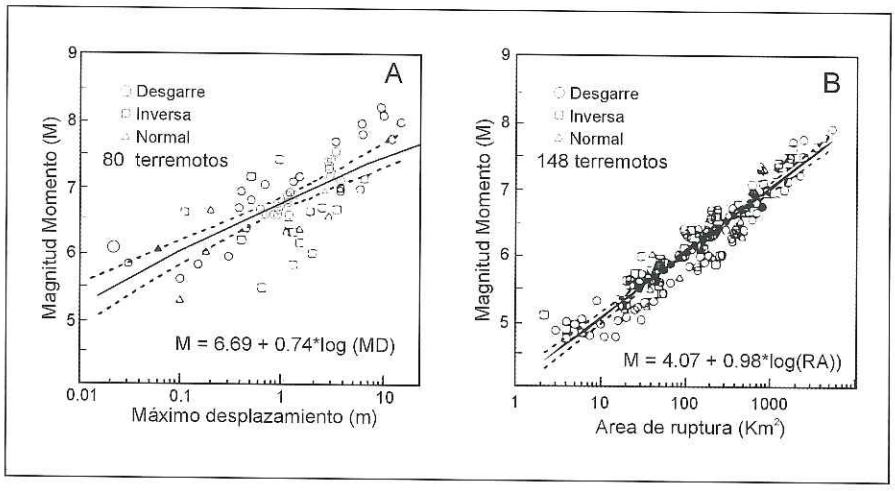


Figura 10. Relaciones empíricas entre el máximo desplazamiento cosísmico con la magnitud del terremoto asociado (A), así como la de superficie de ruptura de una falla con la magnitud del terremoto (B) de Wells y Coppersmith, 1994. Estas relaciones permiten estimar magnitudes a partir de los datos de desplazamiento obtenidos con la paleosismología.

Referencias bibliográficas

HERNANDEZ ENRILE, J.L.; Martínez Díaz, J.J.; Masana, E. y Santanach, P. (2000): Resultados preliminares del estudio paleosísmico mediante trincheras de la falla de Alhama de Murcia (Cordillera Bética), *Geotemas* 1-4, 335-339.

KELLER, E. A. Y PINTER, N., (2001): Active tectonics. Earthquakes, uplift and landscape. 2ª Edición. *Prentice Hall.* 362 pp.

MARTINEZ SOLARES, J.M., (2001): Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de Noviembre de 1755). Monografía nº 19. IGN. Madrid 2001.

MCCALPIN, J., 1996. Paleoseismology. *Academic Press.* San Diego 587 pp.

WELLS Y COPPERSMITH, (1994): New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the Seimological Society of America,* 84: 974-1002.

La aportación del Departamento de Petrología de la Universidad de Leiden en las investigaciones geológicas de Galicia (1955-1977)

Peter Floor

Dr en C.C. Geológicas
p.floor@umail.leidenuniv.nl

Charles E. S. Arps

Dr en C.C. Geológicas
charps@planet.nl

Desde 1955 a 1977, profesores y estudiantes del Instituto Geológico de la Universidad de Leiden, Holanda, llevaron a cabo trabajos de campo tales como cartografía geológica, incluyendo tomas de muestras, en Galicia, y trabajo de laboratorio en Holanda. En este artículo esbozaremos el contexto académico de ese periodo en el cual, se vera esta actividad, el carácter de nuestro trabajo, los resultados obtenidos y su relevancia.

Educación universitaria en Holanda

La educación universitaria holandesa esta modelada a partir de los principios del naturalista alemán A. von Humboldt, suponiendo que la práctica en las universidades es mejor cuando los estudiantes participan activamente en las investigaciones. En los años 1955-1977, solamente existía un Diploma de carácter Civil llamado 'doctoraaldiploma' (comparable al MSc) que, por ejemplo, daba derecho a ejercer la profesión como graduado universitario en los sectores públicos y privados, y el derecho a empezar el ciclo de doctorado (Dr.). Existían dos exámenes: 'Kandidaatsexamen' con un temario básico fijo que comprendía aproximadamente dos años y medio de estudio, y 'Doctoraalexamen' que comprendía al menos otros dos años y medio adicionales que, frecuentemente, solían ser más.

En el último periodo de graduación, los estudiantes recibían, como complemento más específico, una introducción a las metodologías de investigación y se formaban como investigadores noveles; una parte obligatoria del examen final era uno o dos trabajos pequeños de su trabajo original (equivalentes a las tesinas), que era supervisado por los profesores.

En muchos casos los temas seleccionados para las prácticas de investigación estaban relacionados con los campos de interés del profesorado supervisor. En un menor número de casos, los estudiantes graduados podía convertir sus primeros trabajos en una tesis doctoral, si así se lo permitía el profesor supervisor. La fase de doctorado duraba normalmente de cuatro a seis años; la fuente de ingreso indispensable era una

ayudantía. Los aceptados no recibían ya ningún tipo de educación formal sino que se constituían en ayudantes en tareas docentes, dentro del departamento al que pertenecían.

Formación de los geólogos en Holanda

A pesar de que Holanda es todo lo contrario al paraíso del geólogo, existían diversos institutos universitarios para geólogos especialistas en petrología, la gran mayoría establecidos desde la época de las colonias. La gran mayoría de sus alumnos encontraron empleo en el exterior, normalmente en compañías petrolíferas, compañías mineras, servicios geológicos y universidades. Para estos trabajos, los graduados holandeses tenían que competir internacionalmente; la combinación de su amplia educación y una especialización basada en la investigación, incluida la cartografía geológica realizada en los veranos, les dieron una excelente preparación.

Dada la relación entre los intereses docentes y de investigación entre los full profesores y los senior profesores, y la relación entre sus investigaciones y los trabajos de campo, era bastante normal que los departamentos de un instituto geológico tuvieran diferentes áreas de campo, cada una de las cuales estaba relacionada con su especialización.

Las prácticas de investigación asignadas a los estudiantes de geología de Leiden comprendían dos proyectos estructurados en un informe general y en otro segundo más pequeño. El primero consistía, normalmente, en un trabajo práctico de campo realizado en un terreno seleccionado por el equipo del departamento, en nuestro caso fue un área en el oeste de Galicia. El segundo informe trataba a menudo con un problema específico de campo, relacionado con la zona de campo principal, aunque también el estudiante graduado podía escoger entre otros temas ofrecidos en los departamentos del instituto. El trabajo de campo se llevaba a cabo en un periodo de 4 a 6 meses, durante dos o tres veranos sucesivos. La supervisión se realizaba de forma regular, así como excursiones de campo



Figura 1. Típico afloramiento gallego rodeado de densas matas de tojo: bandas de eclogitas retrogradadas en gneises félsicos. La Pioza, Baiñas, 1981, (autor, R. P. Kuijper).



Figura 2. Den Tex, Arps y Floor visitando el Laboratorio Xeolóxico de Laxe en junio de 2002. Detrás el mapa geológico en relieve realizado por Isidro Pondal, (foto de J. R. Romaní digitalizada en la Universidad de Leiden).

(muchas veces de forma espontánea) con pequeños grupos para observar afloramientos singulares o problemáticos, que servían para mejorar, globalmente, la comprensión de la geología regional. Los resultados de la cartografía y de las investigaciones de laboratorio – principalmente estudios de sección delgada, que siempre se hicieron de los trabajos de campo, se realizaron en el Instituto en Leiden- se discutían en los seminarios del instituto con otros miembros del grupo investigador. El staff también editaba boletines con los avances del trabajo, comentando los asuntos problemáticos específicos y, a menudo, tratando los temas de clasificaciones, nomenclaturas y definición de términos.

El Staff de Leiden y los estudiantes en Galicia

Los primeros estudiantes que trabajaron en Galicia llegaron bajo la supervisión del Geólogo Estructural Profesor Dr. L.U. de Sitter, seguidos al poco tiempo en otras partes de la región por estudiantes de petrología-mineralogía del Prof. Dr. W.P. de Roever. Pocos años más tarde de Roever se transladó a Amsterdam y su puesto fue ocupado por el Profesor Dr. E. den Tex quien continuó y aumentó considerablemente las áreas de trabajo de campo de su departamento, estableciendo la fundación de lo que los colegas extranjeros llamaron posteriormente "La Escuela de Leiden " en Galicia. Finalmente los

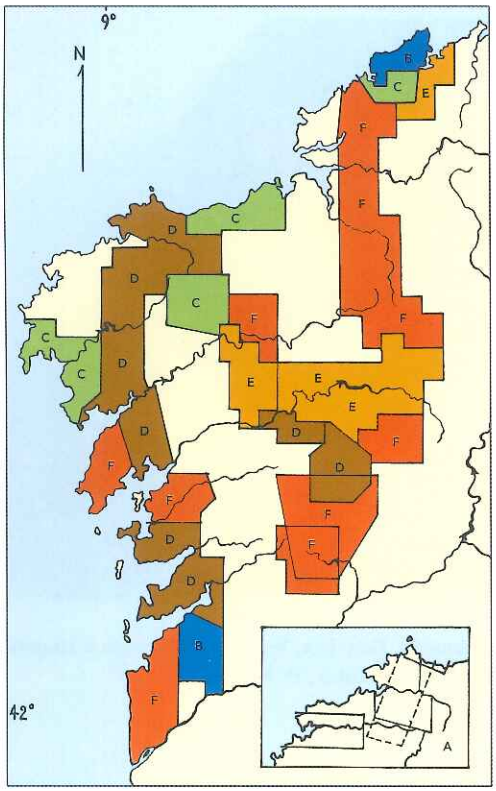


Figura 3. Áreas cartografiadas por tesinas (1955-1974).

A. áreas asignadas por de Sitter (1955-1956)
B. áreas asignadas por De Roever (1956-1957)

Las áreas C, (1959), D (1960-1954), E (1963-1968) y F (1969-1972) fueron asignadas por den Tex. (Dibujado por Arps y digitalizado por NATURALIS, Leiden.)

A pesar de que Holanda es todo lo contrario al paraíso del geólogo, existían diversos institutos universitarios para geólogos especialistas en petrología, la gran mayoría establecidos desde la época de las colonias

aspectos geológicos-geomorfológicos del Profesor Dr. A.J. Pannekoek y el oceanógrafo Mrs. Dr. Drongersma-Sanders estuvieron también con alumnos en Galicia en varias campañas.

En los siguientes apartados nos centraremos en los trabajos de petrología/mineralogía de la Escuela de Leiden: ¿por qué Galicia y qué hicimos allí?

¿Por qué Galicia?

Antes de entrar en mayores especificaciones deberíamos hacer notar que, a pesar del régimen político de aquel tiempo, España ejerció una gran atracción sobre los geólogos del norte europeo a causa de su relativamente poco conocida geología, ausencia de universidades locales demandando áreas cartográficas para sus propios estudiantes, buenos afloramientos, clima favorable, gente amable y bajos precios (en orden aleatorio).

Dado el hecho de que den Tex sucedió a de Roever la cuestión de por qué puede dividirse en dos: ¿por qué de Roever seleccionó Galicia y por qué den Tex decidió continuar trabajando allí?

Como se explicó anteriormente, la elección de un trabajo de campo estuvo influenciada principalmente por la considerable extensión de los intereses de la investigación. Ciertamente ha sido el caso de Roever, muy entusiasta de las anfibolitas y rocas ultramáficas alcalinas desde su tesis doctoral sobre los esquistos y ultramafitas ricos en glaucofana de las Islas Celebes (ahora Sulawesi), Indonesia. Él sabía de la presencia de gneises y ultramafitas peralcalinas en Galicia desde su conocimiento amplio de la bibliografía y visitó Galicia en 1952, mientras estaba en la Universidad de Amsterdam, y su compromiso en trabajos de campo en el Norte de Portugal. Durante esta visita, él conoció al Dr. Isidro Parga-Pondal, quien le mostró el complejo de rocas peralcalinas de Galiñeiro, al Sur de Vigo. De Roever acordó con Parga-Pondal, después de conseguir los permisos del IGME, el comienzo de los trabajos con un número pequeño de estudiantes, algunos de los cuales esperaba que pudieran continuar posteriormente sus trabajos iniciales en tesis doctorales (siempre y cuando su desarrollo económico justificara tal condición), inicialmente en dos áreas: el área de Galiñeiro y el Complejo de Cabo Ortegal.

De Roever no pudo resistir la llamada de su alma mater para llegar a ser profesor de petrología y mineralogía en Amsterdan y dejó la plaza de Leiden para den Tex quien volvió a su alma mater, en este caso, desde Australia.

En el momento en que den Tex llegó a Leiden, en 1959, el número de estudiantes de Geología había aumentado considerablemente desde comienzos de los años 50, y seleccionar áreas favorables para cartografiar para todos ellos le supuso un problema. En el caso de den Tex, esta situación, se vió agravada debido a que su personalidad carismática atrajo un porcentaje cada vez mayor de alumnos que querían cursar la asignatura anual de Geología en su departamento. Durante su primera visita al campo, den Tex se convenció de que Galicia podría satisfacer muchas de sus necesidades: suficientes áreas interesantes y disponibles para cartografiar, no investigadas todavía en detalle, y la perspectiva de la muy estimulante colaboración con D. Isidro. Los criterios adiccionales para la definición actuales de las áreas de cartografía individual fueron: idoneidad para estudiantes inexpertos, y no demasiado pobres en afloramientos de rocas frescas de litología variada, y una historia tectónica para garantizar un verdadero aprendizaje.

Nuestra presencia en Galicia no hubiera sido tan provechoso sin la cooperación con las personas y autoridades,

tanto en Galicia como en Madrid. El enorme interés, entusiasmo y compromiso de Isidro Parga-Pondal estuvieron casi por detrás de su imaginación, y justifican plenamente el designar con su nombre al Laboratorio Xeolóxico de Laxe, ahora en O Castro, Sada, que se encuentra actualmente relacionado con la Universidad de La Coruña, como un lugar de encuentro y centro de documentación y difusión de cualquier aspecto de la geología de Galicia y otros temas relacionados.

De una naturaleza más formal fue la aprobación anual de las actividades de verano por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas que se tradujo en credenciales muy útiles que nos ayudaron a salir de situaciones delicadas, como en el caso de la aparición extranjera durante las maniobras militares en la Sierra del Galiñeiro, un incidente en las colinas del Norte de Noya, cuando fuimos confundidos por los aldeanos de ser personal de reforestación, y –cuando salíamos y entrabamos de España- en el caso de importación temporal de "material estratégico" como esteoróscopos y fotografías aéreas.

Para un entendimiento más claro de nuestra exposición debe recordarse que las modernas técnicas analíticas solamente estuvieron disponibles de forma gradual durante la segunda mitad del periodo descrito, y que los experimentos del laboratorio, explicando el comportamiento de las rocas y series de rocas bajo las condiciones de la corteza o manto superior, estaban en sus estados iniciales. El concepto de la tectónica de placas estaba imponiéndose gradualmente durante los últimos días de nuestro compromiso con la geología de Galicia y fue entendida realmente en todas sus consecuencias solamente después de que nosotros nos fuéramos.

¿Qué hicimos en Galicia?

Los precursores con de Sitter (1955-1956)

En los inicios del compromiso holandés en la investigación geológica de Galicia, el Departamento de Geología Estructural, supervisado por de Sitter, comenzó, con dos estudiantes graduados en el verano de 1955, un reconocimiento cartográfico en las áreas de Malpica y Camariñas, en el Noroeste de Galicia. En 1956 siguió con otros tres a los que se les asignó un área cartográfica más detallada a lo largo de la zona costera cerca de Malpica, otra más al interior, a lo largo del Río Allones, y otra tercera más al Sur **(figura 1).** Sus objetivos eran el análisis petrológico-estructural del basamento metamórfico con énfasis en la complicada zona central, conocida en aquellos tiempos como "Complejo Antiguo", (Parga-Pondal, 1956). Después de este esfuerzo, de Sitter decidió suspender las actividades en Galicia y concentrarse en la geología estructural más representativa de las Cordilleras Cantábrica y Pirenaica.



Figura 4. Un afloramiento incitando la discusión. Den Tex, Vogel, de Miranda y Engels en la Playa de Cartes, área de Cabo Ortegal, 1951 (autor, P. Floor).

El comienzo de de Roever (1956-57)

El Departamento de Petrología y Mineralogía comenzó los trabajos petrológicos de campo, tal como se mencionó anteriormente, bajo la dirección de de Roever, en 1956, en la parte sur del Complejo Antiguo, Sur de Vigo (P. Floor), donde los gneises peralcalinos son abundantes, y en en el sector Norte del Complejo máfico-ultramáfico de Cabo Ortegal, con cinco estudiantes entre los que estaban D.E. Vogel y J.P. Engels **(figura 1).**

Los primeros estudiantes bajo la dirección de den Tex (1959)

Cuando den Tex sucedió a de Roever, en 1959, él aumentó las áreas objeto de estudio del proyecto al poner siete estudiantes en los terrenos del basamento adyacentes a la parte Norte del Complejo Antiguo, esto es, la zona granítica y migmatítica al Oeste[1] y un área al Este, entre el Complejo Antiguo y el Complejo de los Esquistos de Órdenes, donde afloran una variedad metamórfica de grado medio y alto, a menudo rocas máficas metamórficas[2], y una gran intrusión granítica **(figura 1).**

Primera oleada de estudiantes (1960-64)

Durante los años siguientes, desde 1960 a 1964, todo el Complejo Antiguo y áreas adyacentes se incluyó progresivamente en el proyecto cartográfico[3] **(figura 1).**

Segunda oleada (1963-68)

En 1960, se dieron los primeros pasos para investigar las rocas metamórficas



Figura 5. Den Tex, Avé Lallemant (practicamente oculto detrás de den Tex), Ypma, Arps, ten Boch y von Metzsch trabajando a lo largo de la costa norte de la ría de Noya, 1961. En el fondo, la Sierra de Barbanza, (autor, P. Floor).

En el periodo final de la cartografía geológica en el Oeste de Galicia la atención se centró en las partes restantes de la zona periférica en torno al Complejo de los Esquistos de Órdenes (desde 1970 hasta 1972)

de grado medio-bajo y de grado medio-alto, a lo largo de los bordes sur y sureste del Complejo de los Esquistos de Órdenes, comprendiendo una variedad de gneises máficos-ultramáficos y máficos a félsicos dentro de las rocas metasedimentarias. Desde 1963 en adelante, hasta 1968, grandes extensiones de su zona periférica se incorporaron al proyecto[4] **(figura 1).** Más hacia el Sureste, en el área de Lalín, los yacimientos de estaño y wolframio (minas de Fontao) y las formaciones pegmatíticas mineralizadas fueron analizadas por J.D. Hilgen, al principio bajo la dirección del Profesor Dr. J. Westerveld, de la Universidad de Amsterdan (como parte del programa de investigación sobre depósitos minerales del oeste de la Península Ibérica y Portugal) y ,después de su muerte en 1962, bajo la dirección de den Tex, con una intensa focalización en la geología del Complejo de Lalín.

Tercera oleada (1969-72)

En el periodo final de la cartografía geológica en el Oeste de Galicia la atención se centró en las partes restantes de la zona periférica en torno al Complejo de los Esquistos de Órdenes (desde 1970 hasta 1972)[5]. Otros once estudiantes graduados trabajaron en las formaciones más monótonas, pero estratigráfica y estructuralmente significativas, de bajo grado hacia el Sur del Complejo de Órdenes, al Sur de Lalín, varias formaciones con metasedimentos, granitos y migmatitas, hacia el Sur y Sureste, y las áreas costeras en el Suroete y Oeste[6] **(figura 1).** Una última investigación (1972) se centró una vez más en la sección costera del Este de Malpica **(figura 1),** esta vez concentrándose en las relaciones estructurales de las diferentes secuencias rocosas expuestas por el mar.

Investigaciones especiales

Como se explicó anteriormente, cada estudiante esperaba también trabajar en una investigación especializada, por lo cual se escogieron objetivos específicos de campo y/o laboratorio. Ejemplos de ello son la investigación de ciertos depósitos minerales, como los yacimientos de estaño-wolframio de las minas de Fontao (Lalín), Doade (al Este de Pontevedra), San Finx (cerca de Noya) y Monte Neme (al norte de Carballo) y los depósitos de cobre de Fornás y Arinteiro, al Este de Santiago de Compostela. También puede mencionarse aquí la mineralogía de las bandas calcosilicatadas (skarns) a lo largo de la costa Oeste de Pontevedra (La Lanzada).

En 1975 y 1976, dos investigaciones geofísicas de porspección gravimétrica se iniciaron bajo la dirección del Profesor Dr. J.G. Hagedoorn, de la Universidad de Leiden, en el área de Cabo Ortegal (R.A. Van Overmeeren) y el Complejo de Órdenes.

Siete tesis doctorales

Siete investigaciones doctorales basadas en trabajos de campo se terminaron en los años 60 y 70 (fig. 2), i.e. P. Floor (área de Galiñeiro, 1966), D.E. Vogel (Cabo Ortegal, 1967), F.W. Warnaars (Monte Castelo, 1967), A. Van Zuuren (Santiago de Compostela, 1969), C.E.S. Arps (Noya, 1970), J.P. Engels (Cabo Ortegal, 1972) y J.J.M.W. Hubregtse (Mellid, 1973). Tres Tesis Doctorales de investigaciones de laboratorio fueron completadas: una sobre la petrología química de las rocas ultramáficas (P. Maaskant, 1970), una segunda de la geoquímica de las rocas máficas y ultramáficas de Cabo Ortegal, incluyendo datación con Rb/Sr y K/Ar (P.W.C. van Calsteren, 1977) mientras R.P. Kuijper (1979) realizaba una tesis sobre U/Pb, datando los circones de las rocas de medio-alto grado de Galicia.

Un triste final de la cartografía regional

A finales de los años 60 el Gobierno Holandés impuso una reorganización estructural a todos los departamentos de geología de las universidades holandesas. En las miras del Ministerio, esto se dirigiría a las economías de escala como un resultado de cerrar uno o más de los institutos universitarios existentes. Después de años de intensa discusión se decidió -entre otras cosas- cerrar el Instituto de Leiden y transferir mucho de su staff a un instituto renovado en Utrecht. Una vez que se tomó esta penosa y fundamental decisión se tuvieron que decidir nuevas soluciones,sin duda como resultado de la reforma general del Sistema de Estudios Universitarios Holandés que redujo a 4 años el número de años de estudio hasta el examen doctoral, con una extensión a 6. En el caso de la Geología esto se tradujo en estancias más cortas de los trabajos de campo y, como consecuencia, en áreas necesariamente menos complicadas. Esto guió inevitablemente a la conclusión, por parte del staff del departamento, de que las investigaciones de campo en los terrenos Hespéricos de Galicia tenían que finalizar. La última decisión negativa para continuar las investigaciones en Galicia se basó en los siguientes argumentos:

- La excesiva complejidad de los problemas petrológicos y estructurales para el nuevo tipo de estudios de graduación.
- La monotonía/complicación de las rocas en las áreas restantes para estudiantes inexpertos (i.e. principalmente esquistos pelíticos, granitos).
- La escasa exposición de las rocas.
- La disponibilidad limitada de plazas de doctor en el futuro previsible.
- Los elevados costes de mantener dos proyectos de campo simultáneos (Alpes Italianos y Galicia).

Abandonar, a pesar de las aspiraciones por continuar

Por tanto, según todo lo expuesto, no fue la falta de interés lo que nos llevó a abandonar. Por el contrario, se sintió que la finalización fue prematura y que el trabajo geológico quedó sin terminar. A pesar del hecho de que las áreas fueron, en gran medida ya investigadas y entendidas, las nuevas investigaciones previstas – i.e. las relacionadas con la especialización de la estratigrafía y estructura regional y con el uso de las nuevas técnicas analíticas – disponibles para tratar con muchos problemas definidos todavía existentes (nuevas hipótesis de trabajo) se consideraron como un paso siguiente necesario para desenmarañar la complicada geología de la parte Ibérica del Orógeno Hercínico.



Figura 6. Rocas metamórficas intensamente plegadas: Cauce del río Ulla, en Cornella, al sur de Mellid, 1965 (autor, E. den Tex).

Pasando el testigo

Aunque la cartografía realizada por los estudiantes graduados se finalizó en 1974, algunas investigaciones continuaron hasta finales de los años 70 (ver sección Resultado). Afortunadamente, en los años siguientes, las investigaciones se llevaron a cabo por otros "grupos universitarios", principalmente españoles, y, a este respecto, deseamos mencionar los magníficos esfuerzos de las Universidades de Salamanca, Oviedo, Complutense de Madrid, Bilbao, etc.

Dándonos cuenta de que nosotros éramos huespedes en otro país estuvimos contentos de notar que, durante los años de nuestra presencia en Galicia, un grupo cada vez mayor de jóvenes geólogos españoles y portugueses bien formados y con una fuerte motivación para los trabajos de campo, se mostró interesado en lo que habíamos hecho y cómo lo habíamos hecho, tanto en el campo como en Leiden. Ello nos dio un sentimiento, cuando nos fuimos, de que nuestros resultados estaban en buenas manos. También el Plan MAGNA (Mapa Geológico Nacional) de finales de los 70 y principios de los 80 contribuyó a ello porque integró los resultados de las cartografías extranjeras en la documentación oficial española (una nueva serie a escalas 50.000 y 200.000 de los mapas geológicos con leyendas). Hay que mencionar que algunos de los miembros del staff del Grupo de Investigación de Leiden en Galicia (Arps, Floor, Hilgen and Kuijper) han actuado como asesores en la producción de estos mapas.

Contactos y cooperaciones internacionales

Los geólogos de Leiden no fueron los únicos extranjeros que trabajaron en Galicia. J. Von Raumer (Fribourg, Suiza) estudió la Sierra de la Península de Barbanza, mientral alumnos de F. Lotze (Münster, Alemania) trabajaron en varias áreas del Este de Galicia.

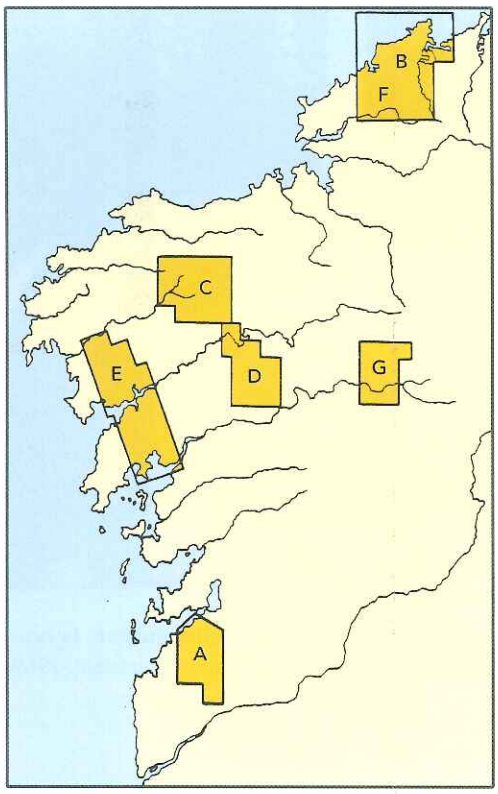


Figura 7. Áreas cartografiadas por tesis doctorales

A: P. Floor (1966); B: D. E. Vogel (1967); C: C. E. S. Arps (1970); F. J. P. Engels (1972); G: J. J. M. W. Hubregtse (1973), (dibujado por Arps y digitalizado por NATURALIS, Leiden).

Además, también principalmente en las provincias de Lugo y Orense, los geólogos de las Universidades de Montpellier (R. Capdevila y Ph. Matte) y Burdeos (A. Ferragne) cartografiaron grandes áreas como parte fundamental de sus tesis francesas. En el Norte de Portugal, los geólogos portugueses, tanto del Servicio Geológico (A. Ribeiro) y de las Universidades (Lisboa, Coimbra, Oporto), fueron muy activos, especialmente en sus magníficas cartografías a gran escala, mientras que localmente, holandeses (Amsterdan) y franceses (P.M. Anthonioz, Poitiers) realizaron interesantes trabajos de tesis.

Don Isidro fue muy consciente de que el intercambio de información y resultados entre franceses, holandeses y portugueses, en presencia de una generación ascendente de geólogos españoles, sería extremadamente estimulante para todas las partes.

Hay que hacer notar que a comienzos de los años 60 la franqueza entre el colectivo de profesionales académicos senior no era un hábito común en España y la internacionalización académica no había llegado a ser aceptada en la práctica. Esto hizo que la actitud e iniciativa de Don Isidro fueran destacables.

En una de los encuentros veraniegos informales en el Laboratorio Geológico de Lage se tomó la decisión de organizar reuniones de todos los geólogos que trabajaban en el Noroeste del Macizo Hespérico Ibérico. Éstas consisitieron consistentes en dos días de comunicaciones y cinco días de excursiones, y fueron organizadas bajo la supervisión de Isidro Parga-Pondal y Carlos Teixeira (Lisboa), y realizadas ambas en Galicia y Norte de Portugal. La Primera Reunión sobre Geología de Galicia y Norte de Portugal tuvo lugar en septiembre de 1965, con una participación de casi 20 personas. El éxito fue tal que se decidió repetir la Reunión cada dos años.

Reuniones similares comenzaron en el cuadrante Suroeste de la Península. Todo ello contribuyó significativamente a la comprensión de la naturaleza del Orógeno Hercínico, por la publicación de las comunicaciones, la decisión de realizar mapas geológicos de síntesis (a escala 1:500.000) incorporando los datos más recientes de todos los autores de las áreas y, no menos importante, por el comienzo de buenas relaciones interpersonales que cristalizaron en numerosas excursiones de campo de las personas de cada una de las áreas en las otras, comparando trabajos y compartiendo publicaciones. Las comparaciones no supusieron solamente un mejor conocimiento de los aspectos de la Geología Regional sino que elevaron también la conciencia hacia ésta, y, de este modo, crearon una comprensión de las diferencias respecto a las actitudes académicas, ambiciones en las carreras y transfondo cultural de las personas involucradas, lo que supuso ventajas en las posteriores vidas profesionales de los protagonistas. Más destacable en este sentido eran las inclinaciones de los geólogos "sureños" para enfrentarse en amplias discusiones y publicar ocasionalmente sobre los procesos que generaban las rocas vistas en el campo, mientras que la gente de Leiden prefería complementar las observaciones locales con el estudio de las láminas delgadas y otras investigaciones de laboratorio, para reunir todos los datos y, luego, posiblemente obtener alguna conclusión provisional.

Algunos años antes del final de la cartografía intensiva, y mientras estaban en su momento álgido las discusiones nacionales sobre la reestructuración de los departamentos de geología holandeses, el Profesor Dr. P. Michot, Universidad de Liège, Bélgica, solicitó a den Tex que presentara un comunicado corto de los resultados de su trabajo académico en Galicia a los miembros de AZOPRO (Asociación para el Estudio de las ZOnas PROfundas de la corteza terrestre) y a varias personas invitadas interesadas en el tema, principalmente de España y Portugal. La excursión se realizó en septiembre de 1971 con una participación de unas 60 personas, entre los cuales estaban especialistas muy experimentados en la geología del basamento. Las excursiones de campo levantaron enérgicas discusiones las cuales tuvieron resonancia en publicaciones, como por ejemplo sobre la naturaleza enraizada o cabalgante del Complejo de Cabo Ortegal.

Resultados

Los resultados de la cartografía e investigaciones fueron recogidos como

tesis-MSc (tesinas) en lengua holandesa. En pocos casos, se publicaron versiones abreviadas de algunas de ellas. Se realizaron un total de más de 75 tesinas y, complementariamente, más de 80 publicaciones sobre la geología de Galicia aparecieron, desde 1961.

En ese año den Tex y su staff publicaron el primer informe de los progresos del proyecto: "Algunos resultados preliminares del trabajo petrológico en Galicia", en el cual se presentó una metodología de las hipótesis de trabajo para que sirviera de base a las futuras interpretaciones de campo.

En los siguientes años, como resultado del crecimiento constante de la información geológica recopilada durante las investigaciones de campo, se definieron y presentaron nuevos conceptos, como "Aperçu pétrologique et structural de la Galice cristalline" (Den Tex, 1966), en la Primera Reunión de 1965 (ver epígrafe precedente).

Las contribuciones publicadas en las Actas de la Reunión versaron sobre la definición de unidades geotectónicas en el basamento gallego, como el Complejo de Cabo Ortegal (D.E. Vogel), el Complejo de Órdenes con la zona periférica, englobando elementos máficos-ultramáficos (H. Koning, F.W. Warnaars), y la Fosa Blastomilonítica (P. Floor), y otros terrenos del basamento como el frente de migmatización hercínica (C.F. Woensdregt) y los granitos epizonales tardi-Hercínicos. También se resumieron los yacimientos de mineralizaciones metálicas (P.J.M.Ypma). En 1967, Den Tex y Floor redefinieron el "Complejo Antiguo" como "La Fosa Blastomilonítica y Polimetamórfica".

En 1969, en la Tercera Reunión en Santiago de Compostela/Braga, se discutió y aceptó un intento de esquema litológico de clasificación y terminología de los granitos hercínicos del Noroeste Ibérico (preparado por Floor, Kisch y Oen Ing Soen). Esta clasificación fue elaborada posteriormente por Capdevila y Floor (1970), y aumentada en 1983, incluyendo la experiencia de G. Corretgé para hacerlo práctico a las rocas granitoides hercínicas del conjunto de la Meseta Ibérica; esta clasificación todavía sirve como un documento básico para los trabajos en el Macizo Hespérico.



Figura 8. Carlos Teixeira, José Ramón Parga e Isidro Parga Pondal durante la celebración de la III Reunión sobre la Geología de Galicia y del Norte de Portugal, 1969, (autor, P. Floor).

El programa de cartografía petrológica finalizó en 1974, pero algunos trabajos de campo y otro tipo de actividades investigadoras los continuaron estudiantes de doctorado y miembros del staff, lo cual dio origen a un número importante de publicaciones, especialmente de geoquímica, geocronología y modelos de evolución del basamento

El programa de cartografía petrológica finalizó en 1974, pero algunos trabajos de campo y otro tipo de actividades investigadoras los continuaron estudiantes de doctorado y miembros del staff, lo cual dio origen a un número importante de publicaciones, especialmente de geoquímica, geocronología y modelos de evolución del basamento. Aunque la primera determinación de edad absoluta de las rocas gallegas se realizó a mediados de los años 60 por colegas del Este del ZWO (Laboratorio de Geología Isotópica), Amsterdam, no fue hasta 1977 (P.W.C. van Calsteren) y 1979 (R.P. Kuijper) cuando se realizaron estudios detallados de la geocronología del basamento gallego, los cuales fueron publicados por miembros del Grupo Gallego de Investigación de Leiden.

Con estos datos, y en combinación con las investigaciones sistemáticas petrológicas, estructurales y geofísicas primeras, se hicieron nuevos intentos para explicar la evolución del basamento gallego. Un modelo de orógeno manto-pluma/aulacógeno/ensiálico fue introducido por Van Calsteren (1977), Van Calsteren y Den Tex (1978), Kuijper (1979), Van der Meer Mohr et al. (1981) y Vogel (1984).

Una vez más, el staff de Leiden coorganizó en 1977 una Reunión, esta vez la Quinta, dedicada a las Rocas Máficas Gallegas.

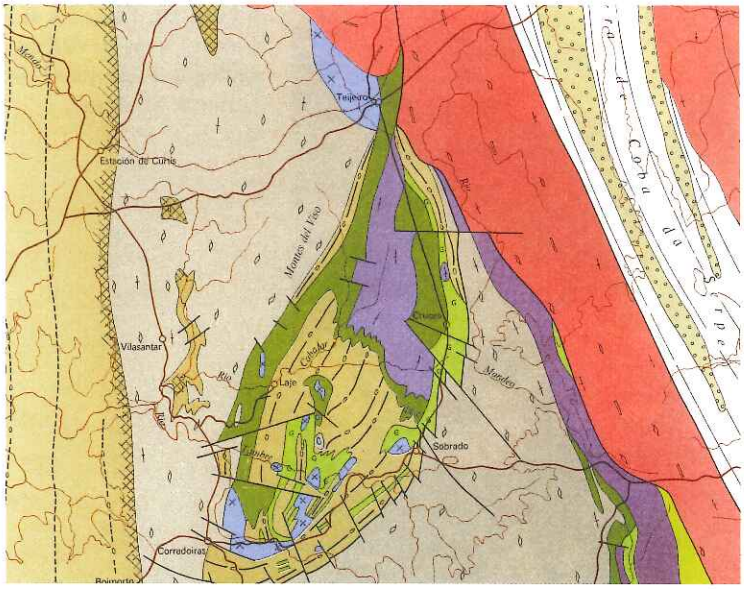


Figura 9. Geological Map of Western Galicia (1979). Área alrededor de Sobrado de los Monjes (parte de la hoja de Betanzos).

En 1981, Den Tex publicó un corte geológico del Macizo Hespérico en Galicia, además de una evaluación de los modelos evolutivos para el Basamento Hespérico comparado con el modelo de manto-pluma/sistema de rift propuesto por el Grupo Gallego de Investigación de Leiden.

El esfuerzo de 19 años de cartografía geológica del Basamento Gallego se tradujo en la publicación de un Mapa Geológico del Oeste de Galicia a escala 1:100.000, 1977-1978, constituido por ocho hojas y una leyenda por hoja y dos cortes E-O **(figura 4).**

Los informes internos y una selección de muestras descritas con sus secciones de lámina delgada correspondientes están depositados en el Museo Nacional de Historia Natural de Leiden, y están a disposición para los trabajos de investigación.

Conclusión

Una visión global del periodo de nuestro trabajo en Galicia y los resultados obtenidos puede estar condicionada por falta de objetividad cuando escribimos o concluimos la evaluación de este trabajo. Nosotros mitigamos algo este sesgo en el año 2000 cuando se celebró en Galicia el 15th International *Conference on Basement Tectonics,* organizado conjuntamente por las Universidades de Salamanca, Oviedo, Complutense de Madrid, A Coruña, El Instituto Universitario de Xeoloxía Isidro Parga-Pondal y el Laboratorio Xeolóxico de Laxe. Durante la conferencia y excursiones se manifestó repetidamente que el trabajo continuo hecho por la Escuela de Leiden en Galicia ha sido de una importancia capital para las generaciones sucesivas de geólogos españoles y portugueses que se encontraron con que podían tener una base fidedigna de nuestras cartografías iniciales. Conceptualmente, había habido, desde luego, reinterpretaciones en el transcurso de los años, en algunos casos volviendo a nuestras convicciones originales, como por ejemplo sobre la existencia en Galicia de rocas Precámbricas, efectos orogénicos prehercínicos, metamorfisco plurifacial y polifásico especialmente notable en las metabasitas, el papel de los esfuerzos y tensiones en la generación de secuencias de magmas alcalinos y peralcalinos. Por otra parte, nos damos cuenta ahora de que el concepto de "Fosa Blastomilonítica" no cubre correctamente la historia complicada del Complejo Antiguo. Nosotros somos también conscientes del hecho de que la entrada de más expertos geotectónicos en nuestros trabajos de campo, incluso en el nivel de conocimiento de ese periodo, hubiera enriquecido considerablemente nuestras ideas y conclusiones.

Finalmente, el hecho de que tantos graduados jóvenes holandeses tuvieran la experiencia de organizar sus vidas en Galicia, debe ser evaluado como uno de los elementos formativos más importantes de sus estudios de la Geología. Muchos de ellos, nostálgicamente, todavía se consideran hijos adoptivos de Galicia. A otros inclusive les fue mucho mejor y se casaron con chicas que encontraron en las fiestas locales. Algunos mostraron una gran capacidad de adaptación local como el futuro embajador de Surinam en Bélgica y Países Bajos –y más tarde director de la Oficina de Cuentas de Surinam– a quien encontramos completamente sumergido descalzo en los juegos de pelota en Arteixo o el estudiante holandés que ganó el concurso de coches decorados de San Cristóbal, en la región de Cabo Ortegal, decorando su jeep de guerra con tojo.

Dedicamos este artículo a los geólogos españoles y portugueses de hoy que están practicando activamente en trabajos de campo para desentramar la historia intrincada del basamento hercínico en la Península Ibérica.

Notas

[1] Muros y Fisterra; e.g. C.F. Woensdregt

[2] Monte Castelo, F.W. Warnaars

[3] I.e. seis estudiantes en los sectores noreste (Puente Ceso, Buño, Bayo, Agualada y Carballo) y otros once, incluyendo H.G. Avé Lallemant y C.E.S. Arps, hacia el sur (desde Baiñas a Noya, Boiro, Pontevedra y Redondela).

[4] Once estudiantes cartografiaron las áreas alrededor de Santiago de Compostela (A. van Zuuren), el río Ulla y Mellid (e.g. J.J. M. W. Hubregtse), y además, uno fue destinado a las vulcanitas (bimodal) de bajo grado metamórfico a lo largo del margen sureste del Complejo de Cabo Ortegal.

[5] Doce estudiantes completaron la cartografía de las áreas norte de Santiago de Compostela, alrededor de Sobrado y Teixeiro y a lo largo de la llamada zona Punta de Prado, más al norte (Puente Deume).

[6] En el sur: investigación regional, G.L.E. van Meerbeeke; Forcarey, L.D. Minnigh (1969); las áreas de metasedimentos – granitos y migmatitas

asociadas cerca de A Golada (1972) y Ribadavia (1971). En el suroeste y oeste: las áreas litorales de A Guarda, J.M.A. Buiskool Toxopeus (1969 y 1970), la Sierra de Barbanza (1970) y alrededores de Villargarcía de Arosa (1971).

[7] Mirando hacia atrás, es lamentable que los geólogos españoles que participaron en la ejecución del Plan MAGNA no hayan tenido una posición fija en el IGME donde hubieran garantizado la continuidad y, por tanto, el uso y elaboración beneficiosos de los resultados, como un retorno sostenible de las grandes inversiones del gobierno español en los esfuerzos de la cartografía nacional.



Figura 10. Clase en el campo. Charles Arps (invisible) explica geología a los paisanos, 1964 (autor J. M. Arps).

Agradecimientos

Estamos muy agradecidos a José Luis Barrera por habernos estimulado a sintetizar nuestras experiencias. Gracias a su amable conocimiento y buena voluntad para traducir nuestro texto original del inglés al español de esta publicación.

También damos las gracias al Profesor Den Tex por compartir sus experiencias y memorias con nosotros y por sus muchas sugerencias. También agradecemos al Dr. René Kuijper por la lectura crítica del manuscrito.

Referencias bibliográficas

ARPS, C.E.S., (1970). Petrology of a part of the Western Galician basement between the Rio Jallas and the Ria de Arosa (N.W.Spain) with emphasis on zircon investigations. Leidse Geologische Meded., 46, pp. 57-155.

CALSTEREN, P.W.C. VAN, (1977a). A mantle-plume model interpretation of the Paleozoic geology of Galicia with emphasis on the Cabo Ortegal area (N.W.Spain). Proc.Kon. Ned.Akad.Wet., (B)80, pp.156-168.

CALSTEREN, P.W.C. VAN & DEN TEX, E., (1978). An early Paleazoic continental riftsystem in Galicia (N.W.Spain). In: I.B.Ramberg & E.-R.Neumann (eds), Tectonics and Geophysics of Continental rifts, 125-132.

CAPDEVILA, R., CORRETGÉ, G. & FLOOR,P. (1973). Les granitoïdes varisques de la Meseta ibérique. Bull. Soc. Géol. France, (7), XV, pp. 209-228.

CARTE GÉOLOGIQUE DU NORD-OUEST PÉNINSULE IBERIQUE (HERCYNIEN ET ANTE-HERCYNIEN). 1:500 000. Publiée sous la direction du Prof. I.Parga-Pondal. Première édition (1967).

ENGELS, J.P., (1972). The catazonal polymetamorphic rocks at Cabo Ortegal (N.W.Spain). A structural and petrofabric study. Leidse Geol.Meded., 48, pp. 83-133.

FLOOR, P., (1966). Petrology of an aegirine-riebeckite-gneiss bearing part of the Hesperian Massif: the Galiñeiro and surrounding areas, Vigo, Spain. Leidse Geol.Meded., 36, pp. 1-204.

GEOLOGICAL MAP OF WESTERN GALICIA (1979. 8 hojas a escala 1:100.000, con leyenda y cortes, publicado por el grupo de investigación "Galicia" del Departamento de Petrología, Mineralogía y Cristalografía de la Universidad de Leiden.

HUBREGTSE, J.J.M.W., (1973). Petrology of the Mellid area, a Precambrian polymetamorphic rock complex. Leidse Geol.Meded., 49, 9-31.

KUIJPER, R.P., (1979). U-Pb systematics and the petrogenetic evolution of infracrustal rocks in the Paleozoic basement of Western Galicia (N.W.Spain). Verhand.nr.5, ZWO Laboratorium voor Isotopen-geologie, Amstedam, 101 pp.

MAASKANT, P., (1970). Chemical petrology of polymetamorphic ultramafic rocks from Galicia, N.W.Spain. Leidse Geol.Meded., 45, 237-325.

MEER MOHR, C.G.VAN DER, KUIJPER, R.P., CALSTEREN, P.W.C. VAN, and DEN TEX, E., (1981). The Hesperian Massif: from Iapetus aulacogen to ensialic orogen. A model for its development. Geol.Rundschau, 70, 459-472.

PARGA-PONDAL, I., (1956). Nota explicativa del mapa geológico de la parte N.O. de la Provincia de Coruña. Leidse Geol.Meded., 21, 467-484.

TEX, E. DEN, (1961). Some preliminary results of petrological work in Galicia (N.W.Spain). Leidse Geol.Meded., 26, pp. 75-91.

TEX, E. DEN , (1965). Aperçu pétrologique et structural de la Galice cristalline. Leidse Geol.Meded., 36, pp. 211-222.

TEX, E. DEN & FLOOR, P., (1967). A blastomylonitic and polymetamorphic 'Graben' in Western Galicia (N.W.Spain). Etages Tectoniques, A la Baconnière, Neuchatel, pp. 169-178.

VOGEL, D.E., (1967). Petrology of an eklogite- and pyrigarnite-bearing polymetamorphic rock complex at Cabo Ortegal, N.W.Spain. Leidse Geol.Meded., 40, 121-213.

VOGEL, D.E., (1984). Cabo Ortegal, mantle plume or double klippe? Geol.& Mijnb., 63, pp. 131-140.

WARNAARS, F.W., (1967). Petrography of a peridotite-, amphibolite- and gabbro-bearing polyorogenic terrain N.W. of Santiago de Compostela (Spain). PhD thesis, State University at Leiden, 280 pp.

ZUUREN, A. VAN, (1969). Structural petrology of an area near Santiago de Compostela (N.W.Spain). Leidse Geol.Meded., 45, pp. 1-71.

Traducción: José L. Barrera

Comportamiento de la descontaminación de suelos afectados por hidrocarburos mediante técnicas de aireación 'in situ'

Esther Maroto Arroyo

Doctora en CC. Geológicas
Técnico Especialista en Ingeniería y Tecnología del Medioambiente
Geóloga consultora

emaroto28@hotmail.com

En este artículo se establecen aquellos factores que condicionan la evolución de un sistema de descontaminación de suelos afectados por hidrocarburos mediante técnicas de ventilación "in situ", de forma que el análisis y el control de las variables que afectan al sistema de tratamiento permitiría un mejor conocimiento de la evolución del sistema y una mayor adecuación del diseño del mismo, mejorando la eficacia del mismo.

Existe una problemática medioambiental de contaminación de suelos y aguas subterráneas por hidrocarburos, como consecuencia de derrames superficiales de origen diverso o fugas desde depósitos de almacenamiento de productos hidrocarburados del tipo gasolinas, gasóleos, querosenos, etc., problemática que exige la toma de medidas de actuación para el saneamiento del subsuelo contaminado.

Las técnicas de descontaminación existentes –de contrastada eficacia–, que mayormente se utilizan en la actualidad en el saneamiento de los suelos contaminados por hidrocarburos son la extracción de los vapores del suelo mediante succión (*Soil Vacuum Extration*) y la ventilación de los mismos mediante inyección de aire (*Bioventing*). Dichas técnicas consisten principalmente en producir un movimiento de aire en la zona no saturada del suelo mediante la aplicación de una presión de vacío en el subsuelo –a través de pozos de extracción conectados a depresores de canal lateral situados en unidades de descontaminación–, o bien, mediante la inyección de aire en el suelo –donde el aire atmosférico en impulsado hacia el suelo mediante una soplante a través de pozos de inyección–, provocándose, en ambas técnicas, la ventilación o aireación "in situ" del suelo. **(Figura 1).**

Como consecuencia de la aplicación de estas técnicas, los procesos de descontaminación que tienen lugar principalmente son: la volatilización de los compuestos más ligeros, y la biodegradación o degradación de los hidrocarburos por acción bacteriana por parte de los microorganismo autóctonos.

Los **procesos de volatilización** se generan por la movilidad del aire en los huecos interconectados de los granos del suelo, actuando en el espacio hidrocarburo/aire, produciéndose una conversión de los constituyentes volátiles de la fase líquida a la fase vapor que hace que se segreguen las fracciones más ligeras o volátiles de la fase gas como de la fase absorbida, pasando a la corriente de aire. Los **procesos de biodegradación** generados por la aplicación de estos sistemas son de carácter aerobio, y se producen debido a que los microorganismos existentes en el subsuelo son capaces de degradar un residuo orgánico por procesos metabólicos fundamentales, biotrasformando el hidrocarburo hasta descomponerlo en moléculas de agua y dióxido de carbono.

Sin embargo, analizando la aplicación de dichas técnicas de descontaminación "in situ", se observa la falta de modelos de comportamiento que expliquen la evolución y el desarrollo de dichos procesos de descontaminación durante el tiempo de tratamiento. Así mismo se reconoce la necesidad de, por un lado, estudiar las conexiones existentes entre la multitud de variables y/o parámetros que afectan al sistema, y por otro, establecer la distinción de las variables fundamentales que definirían el comportamiento, evolución y rendimiento del mismo.

Metodología

Antes de acometer una obra de descontaminación se establecen tres fases de trabajo principales, una primera de auditoría ambiental, denominada Fase I, consistente en la recopilación de datos sobre el emplazamiento a estudiar y reconocimiento del mismo; una segunda de caracterización ambiental, denominada Fase II, en donde se procede al diagnóstico y análisis de la contaminación; y una última fase de remediación, denominada Fase III, en donde se diseña y pone en marcha el sistema de saneamiento de suelos. El diseño del sistema de tratamiento es específico para cada emplazamiento, estando condicionado por las características del medio, la contaminación existente, la viabilidad de la técnica y los costes de tratamiento.



Figura 1. Trabajos de saneamiento de suelos aplicando sistema de extracción de vapores.



Figura 2. Medición de dióxido de carbono y caudal de aire en un pozo de extracción.

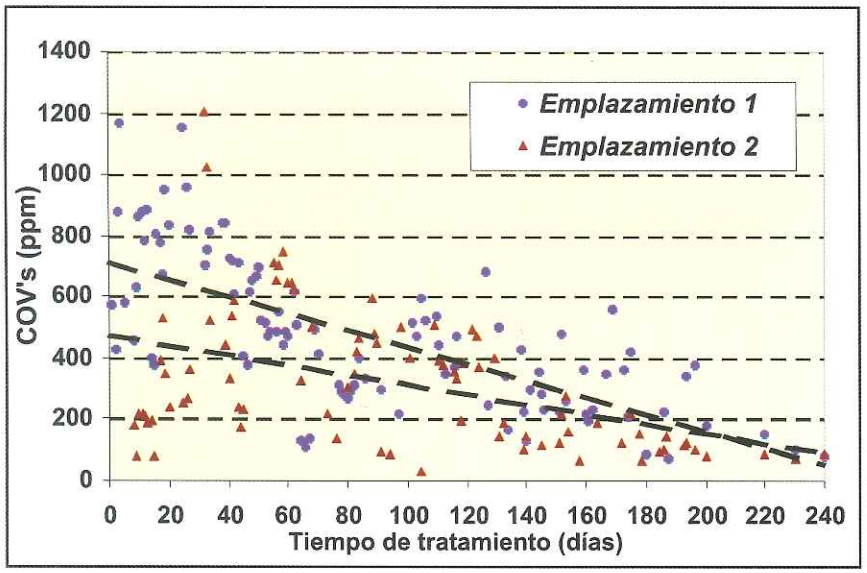


Figura 3. Curva de evolución COV's extraídos-tiempo de tratamiento.

Para realizar una adecuada comparativa entre los datos obtenidos, los emplazamientos estudiados tienen como característica común la litología presente (arcillas arenosas y limos arcillosos), así como unas condiciones hidrogeológicas similares y el mismo sistema de tratamiento, consistente en extracción de vapores e inyección de aire

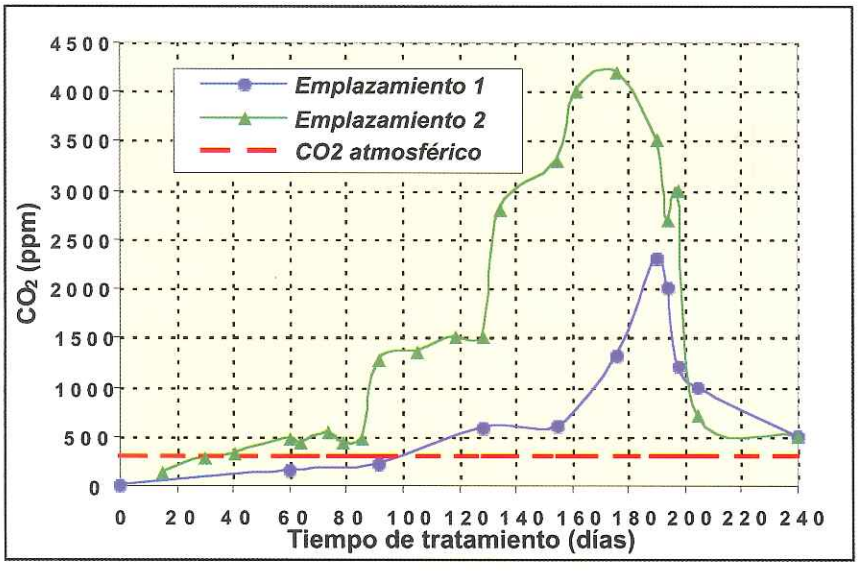


Figura 4. Curva de evolución dióxido de carbono-tiempo de tratamiento.

De un gran número de obras de descontaminación se han escogido dos en donde, por sus particularidades, se procedió a instalar dos campos de pruebas piloto (emplazamiento 1 y 2) para estudiar el progreso del sistema de tratamiento. Para realizar una adecuada comparativa entre los datos obtenidos en ambos, los emplazamientos elegidos tienen como característica común la litología presente (arcillas arenosas y limos arcillosos), así como unas condiciones hidrogeológicas similares y el mismo sistema de tratamiento, consistente en extracción de vapores e inyección de aire de forma conjunta.

En dichos campos de pruebas se ha llevado a cabo un control y seguimiento exhaustivo de la evolución de la descontaminación, registrando de forma periódica determinados parámetros de control como son la concentración de COV's[1], índice de explosividad[2], concentración de TPH[3], concentración de dióxido de carbono, caudales de extracción e inyección de aire, presiones de vacío, humedad del suelo, profundidad del nivel freático, espesor de zona no saturada, etc. La toma de medidas se realiza "in situ" mediante el registro de parámetros o la toma de muestras desde los puntos de muestreo ubicados en los pozos de saneamiento **(Figura 2).**

El análisis de dichos parámetros de control junto con la información adquirida en las Fase I y Fase II, ha permitido, primeramente, obtener la volumetría y distribución inicial de la contaminación y, posteriormente, la evolución de dicha distribución a medida que se producía la remediación del medio. La evolución de la distribución y la cuantía de la contaminación con el tiempo de tratamiento se determina estableciendo la masa de hidrocarburos eliminada respecto a la inicial, lo que permite establecer la productividad de la descontaminación en el tiempo.

Posteriormente se procede a examinar la evolución de la productividad de la volatilización y de la biodegradación en el tiempo, calculando los coeficientes y tasas de ambos procesos. Así mismo, es necesario estudiar la evolución en el tiempo de los parámetros de control seleccionados y realizar una comparativa entre diferentes

parámetros, obteniendo las curvas de evolución más significativas, como son el tiempo de tratamiento frente al TPH (de la fase gas y de la fase absorbida en el suelo), los COV's (**Figura 3**), el dióxido de carbono (**Figura 4**), los caudales de extracción e inyección de aire (**Figura 5**), y los espesores de zona no saturada. Así mismo, también es muy recomendable estudiar la evolución de la humedad, la porosidad al aire y la disponibilidad de oxígeno en el suelo.

Resultados y discusión

Relación entre variables

Una vez determinados todos los factores que han intervenido –de forma directa y/o indirecta pero significativa– en los procesos de evolución de la descontaminación y la interrrelación entre cada uno de ellos, se ha obtenido la relación de los parámetros de control y las variables más importantes que se resumen en la **Figura 6.**

Los estudios realizados indican que no existe una relación directa entre caudales altos de extracción de aire y la generación de una mayor concentración de COV's y explosividad en los gases movilizados a lo largo del tratamiento. No siendo aconsejable la concentración de COV´s como valor cuantitativo de la eliminación aunque si como valor cualitativo.

También se ha observado la relación entre caudal de extracción de aire y presión de vacío, advirtiéndose que la presión de vacío y el caudal de aire están íntimamente relacionados, siendo inversamente proporcionales. La presión de vacío y el caudal de extracción de aire en el suelo dependen de las características intrínsecas del suelo (porosidad al aire, permeabilidad y humedad del mismo) siendo necesario tenerlos en cuenta para la correcta ubicación de los pozos. Así mismo, ambos parámetros están afectados por la distancia existente entre el centro de gravedad de la presión de vacío (G) y la ubicación de los pozos, de modo que, a una menor distancia al centro de gravedad mayor será el caudal de aire y presión de vacío producido en los pozos.

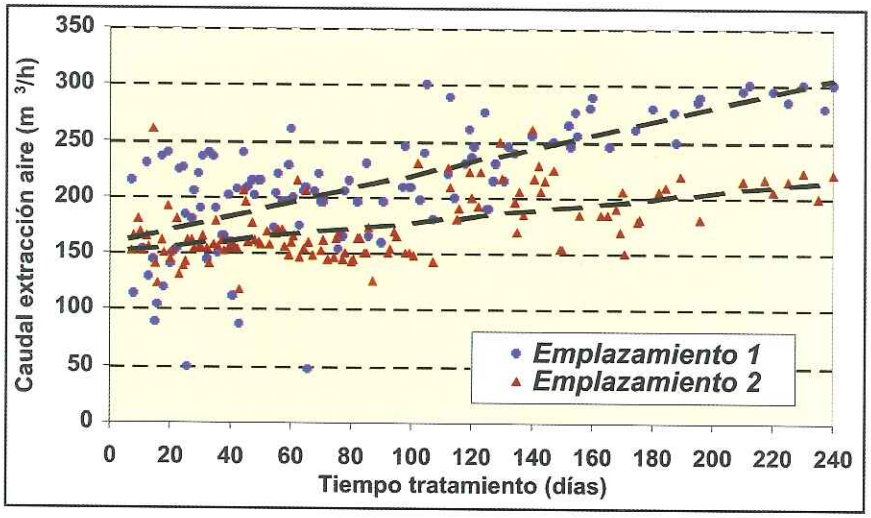


Figura 5. Curva de evolución caudal de extracción de aire – tiempo de tratamiento.

Los procesos de volatilización se generan por la movilidad del aire en los huecos interconectados de los granos del suelo, actuando en el espacio hidrocarburo/aire, produciéndose una conversión de los constituyentes volátiles de la fase líquida a la fase vapor que hace que se segreguen las fracciones más ligeras o volátiles tanto de la fase gas como de la fase absorbida, pasando a la corriente de aire

PARÁMETROS DE CONTROL	VARIABLES IDENTIFICADAS
Concentración de TPH y fracción volátil (suelos, aguas y gases)	Volumen de aire movilizado
Concentración de COV's	Disponibilidad de oxígeno
Niveles de explosividad	Velocidad de flujo de aire
Porosidad y permeabilidad al aire	Tiempos de tránsito
Humedad del suelo	Distancia al centro de gravedad
Caudales de extracción de aire	Radios de influencia
Caudales de inyección de aire	Tasa de volatilización
Presión de vacío	Tasa de biodegradación
Concentración de CO_2	Grado de limpieza

Figura 6. Relación de parámetros de control y variables identificadas.

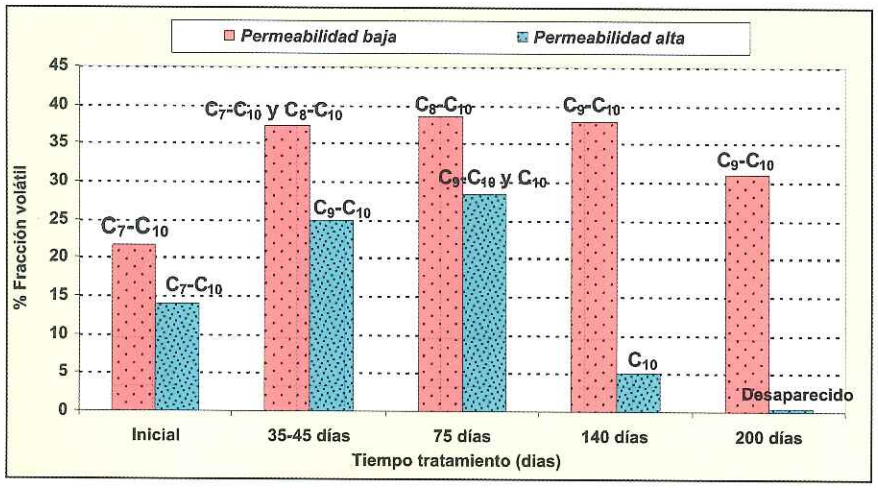


Figura 7. Evolución de las cadenas de carbono y fracción volátil con el tratamiento en diferentes matrices de suelo.

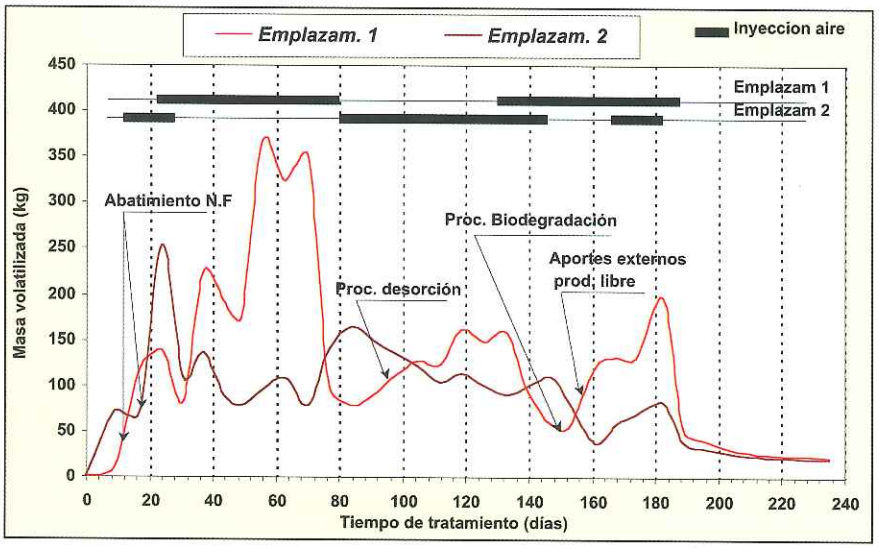


Figura 8. Productividad de la masa de hidrocarburo volatilizada en el tiempo de tratamiento.

Es necesario un periodo de aclimatización de las poblaciones microbianas (de tipo autóctono) de aproximadamente mes y medio antes de que comience a ser representativa la biodegradación

La evolución de la concentración de TPH en suelos y la fracción volátil asociada indica que existe relación directa entre la fase absorbida y la matriz del suelo, de forma que en los materiales de carácter arcilloso -de grano fino y baja permeabilidad- va a ser más dificultosa la eliminación de la fracción volátil correspondiente a los compuestos situados entre C_7-C_{10}, desapareciendo los compuestos más ligeros, de cadenas C_7-C_9, completamente, volatilizándose, repercutiendo este hecho en el aumento de dichas fracciones volátiles en los gases **(Figura 7).**

En los gases extraídos se observa una disminución de la concentración de TPH en el tiempo y un aumento de la fracción volátil extraída, disminuyendo los compuestos correspondientes a C_7 aunque no llegan a desaparecer completamente.

Así mismo, la velocidad de flujo y los caudales de aire producidos tienden a incrementarse con el tiempo de tratamiento y con la cercanía al centro de gravedad, por lo que de forma implícita se van a reducir los tiempos de tránsito –distancia que tarda una partícula de aire en llegar al centro de gravedad–, mejorando la eficacia del sistema de tratamiento.

Procesos de eliminación de los hidrocarburos

Los **procesos de volatilización** se generan por la movilidad del aire en los huecos interconectados de los granos del suelo, por este motivo, cuanto mayor es el paso de corriente de aire a través del suelo, mayor es la transferencia de contaminantes desde la matriz del suelo a dicha corriente, aumentándose la productividad de la volatilización.

Se observa que la máxima volatilización se produce después de un periodo de tratamiento de aproximadamente un mes, a partir del cual se produce una inflexión en la curva volatilización-tiempo, disminuyendo la tasa de volatilización en función de la disponibilidad de los hidrocarburos en el medio. Así mismo, se constata que pueden existir fluctuaciones puntuales, que se corresponden con un aumento puntual de los hidrocarburos en el medio,

debido a la generación de procesos de desorción y a que el emplazamiento funciona como un sistema abierto donde se pueden producir aportes externos que "contaminan" nuevamente el suelo.

También se observa el efecto contrario, que la volatilización disminuye cuando aumenta el protagonismo de los procesos de biodegradación, ya que ambos procesos rivalizarán por los hidrocarburos existentes. Igualmente, existe otro factor que condiciona de forma directa la volatilización, que es la entrada de aire limpio al medio a través de la inyección de aire **(Figura 8).**

Otros factores que condicionan el funcionamiento del sistema y la tasa de volatilización de los hidrocarburos, es la distancia existente entre los pozos de extracción y el centro de gravedad de vacío (denominado G), que se define como el centro de acción del conjunto de pozos donde se aplica la presión de vacío en cabeza de pozo, y que va a condicionar el radio de acción del sistema de extracción de vapores, definiendo el radio de influencia de vacío. Por consiguiente, a mayor distancia del centro de gravedad menor será los procesos de volatilización y viceversa. El radio de influencia de la presión de vacío y los caudales de extracción posibles hay controlarlos antes de la puesta en marcha, realizando los ensayos de presión vacío pertinentes de forma adecuada y estudiando las propiedades del suelo.

Los **procesos de biodegradación** son el complemento perfecto de los procesos de volatilización. La interpretación de dichos procesos se basa en el modelo de Monod[4]. Se producen en un medio con conconcetraciones de oxígeno suficientes y disponibles, ya que éste es el aceptor de electrones por excelencia para que se produzcan los procesos metabólicos, actuando el hidrocarburo como el sustrato orgánico que funciona como donador de carbono, formándose moléculas de energía (ATP[5]) y como subproducto final de la respiración bacteriana, dióxido de carbono y agua. Por ejemplo, la reacción estequiométrica simplificada para el nonano sería:

$$C_9H_{20} + 14O_2 \text{ Æ } 9CO_2 + 10H_2O$$

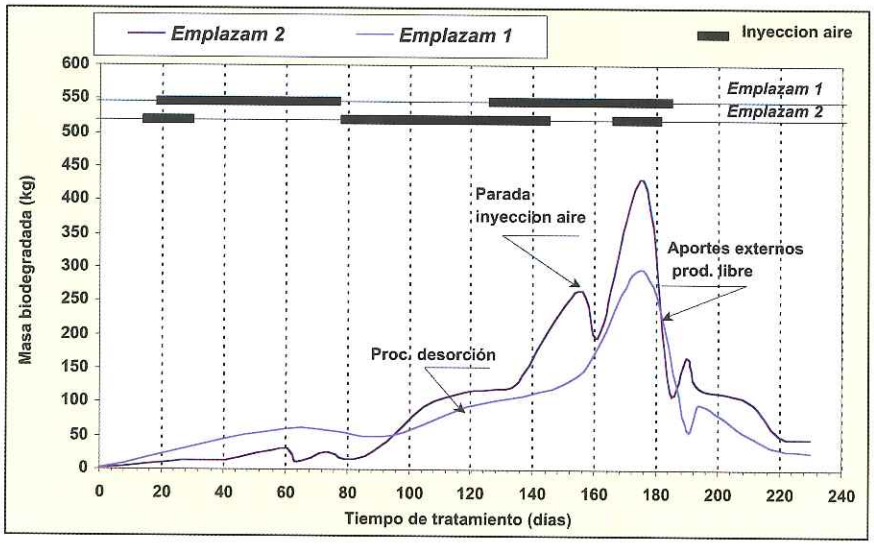


Figura 9. Productividad de la masa de hidrocarburo biodegradada en el tiempo de tratamiento.

Tambien se observa el efecto contrario, que la volatilización disminuye cuando aumenta el protagonismo de los procesos de biodegradación, ya que ambos procesos rivalizarán por los hidrocarburos existentes

En el estudio realizado se ha observado que para este caso es necesario un periodo mínimo de aclimatización de las poblaciones microbianas (de tipo autóctono) de aproximadamente mes y medio antes de que comience a ser representativa la biodegradación **(Figura 9).**

Se observa un aumento de la productividad de la biodegradación coincidente con la aplicación de aportes extras de aire en el suelo mediante la inyección de aire, ya que de este modo se aumenta la concentración de oxígeno en el medio. Por el contrario, un déficit de oxígeno es un factor de inhibición para el metabolismo bacteriano, al igual que altas concentraciones de hidrocarburo absorbido en el suelo y la presencia de producto en fase libre sobrenadante sobre el nivel freático; siendo necesario, el descenso de la concentración de TPH y la eliminación previa del producto libre en caso de existir.

Se debe evitar que se produzcan zonas de actuación con condiciones anaerobias. Consecuentemente, es recomendable calcular, por un lado, el déficit existente de oxígeno y la cantidad del mismo que es necesario aportar al medio en función de la masa de hidrocarburos presentes, y por otro, también es fundamental considerar el radio de utilización de oxígeno que vendrá dado por la porosidad al aire

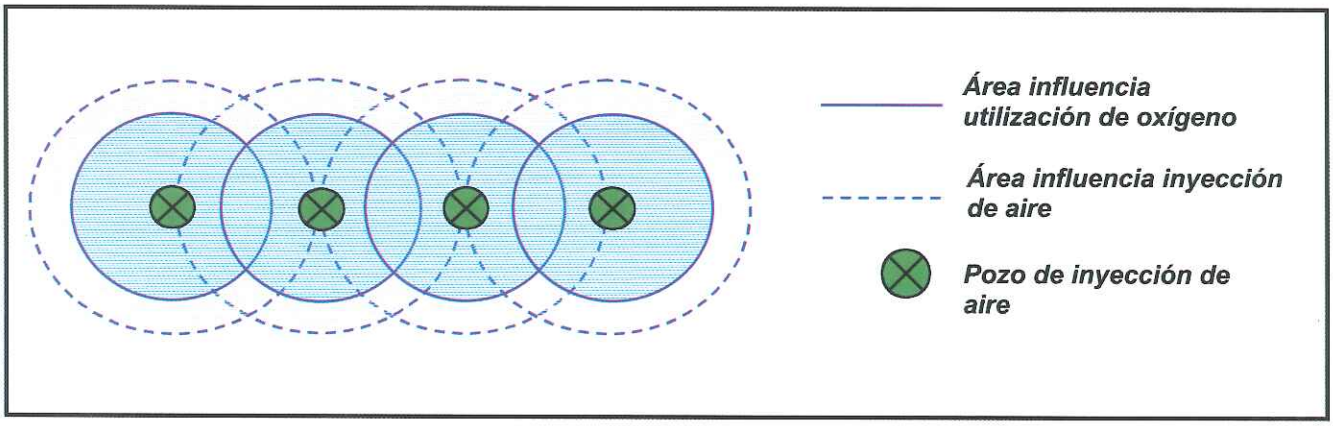


Figura 10. Esquema del área de utilización de oxígeno y área de influencia de inyección de aire.

del suelo, el radio de influencia de la inyección de aire y el grado de actividad bacteriana.

Es muy recomendable que se produzca un solape de las áreas de utilización de oxígeno y que la aplicación de la inyección sea de manera discontinua, ya que de esta manera se va a fomentar la biodegradación y también la volatilización de los hidrocarburos **(Figura 10).**

Conclusiones

Analizada la información recabada en diversas obras de descontaminación se han determinado los parámetros fundamentales de control del sistema de tratamiento como son: concentración de TPH, COV's, índice de explosividad, caudales de extracción-inyección de aire, porosidad al aire, concentración de dióxido de carbono, espesores de zona no saturada, etc.

La evolución de los procesos de descontaminación va a depender de forma directa de las propiedades intrínsecas de medio (litología del suelo y características hidrogeológicas) y de las limitaciones técnicas del sistema de tratamiento (potencia de las bombas de succión e inyección de aire), propiedades que se encuentran asociadas por un lado, a la movilidad del aire en los huecos interconectados del suelo, y por otro, a la transferencia de los contaminantes matriz/corriente de aire.

Estos condicionantes se traducen en diversos factores que afectan el comportamiento de la eliminación de los hidrocarburos, destacándose: las áreas de influencia de vacío e inyección de aire, disponibilidad de oxígeno, el centro de gravedad de la presión de vacío y los procesos de desorción, así como la posibilidad de que se produzcan aportes externos al sistema de actuación. Estos factores establecen el progreso y la eficacia del mismo, actuando como aceleradores o retardadores de la descontaminación, y condicionando la productividad de la volatilización y de la biodegradación como procesos de eliminación.

Los procesos de biodegradación son el complemento perfecto de los procesos de volatilización. La interpretación de dichos procesos se basa en el modelo de Monod

Notas

[1] COV's: valor de concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles (en ppm) mediante un detector de fotoionización portátil

[2] Indice de explosividad: medición de LIE (en %), limite inferior de explosividad, mediante explosivímetro portátil.

[3] TPH: valor de concentración de hidrocarburos totales del petróleo (Total Petroleum Hidrocarbon) mediante muestreo de gases (mg/m^3) o suelos (en mg/kg).

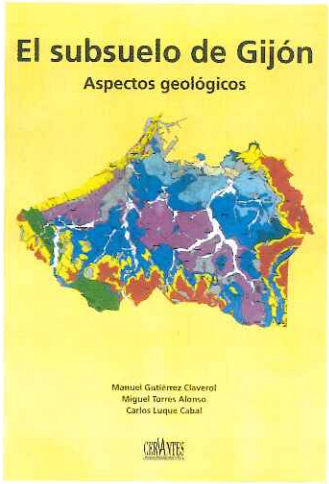
[4] Modelo de Monod: modelo que establece la productividad de la biodegradación en función de la tasa de crecimiento bacteriano (Fuente: Eweis et al, 1999)

[5] ATP: molécula de adenosín trifosfato

Referencias bibliográficas

- EWEIS, J. et al. (1999). *Principios de biorrecuperación*. Ed. Mac Graw Hill.
- MAROTO, E (2003). *Procesos de evolución de la descontaminación "in situ" de suelos afectados por hidrocarburos*. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Madrid.
- MAROTO, E. (2001). *Aplicación de sistemas de biorremediación de suelos y aguas contaminadas por hidrocarburos*. I Jornadas de Investigación, Gestión y Recuperación de Acuíferos Contaminados. ITGME.
- RISER ROBERS, E. (1996). *Remediation of Petroleum Contaminated soils. Biological, Physical and Chemical Processes*. Ed. LLC.
- USEPA. (1995). *Manual Bioventing Principles and Practices. Volume 1&2*. EPA 540-R-95-534. September.
- USEPA (1995). *Soil Vacuum Extraction (SVE) enhancement technology resource guide: air sparging, bioventing, fracturing, thermal enhancements*. EPA 542-B-95-003.
- USEPA (2001). Used of Bioremediation at superfund sites. EPA 542-R-01-019.

El Subsuelo de Gijón



Acaba de ser publicado el libro *El subsuelo de Gijón* del que son autores, nuestros compañeros Manuel Gutiérrez Claverol, Miguel Torres Alonso y Carlos Luque Cabal. Esta obra no es resultado de un arrebato momentáneo de sus escritores pues viene a sumarse a otras suyas que han tenido tal aceptación en el mundo geológico y técnico como para llegar a agotar su edición. Recordemos "Recursos del subsuelo de Asturias" (M. Gutiérrez Claverol y C. Luque), "Geología de Oviedo" (M. Gutiérrez Claverol y M. Torres) y "La Minería en los Picos de Europa" (M. Gutiérrez Claverol y C. Luque), entre otros.

Cualquier libro es una incitación a descubrir parcelas de la realidad que permanecen ocultas a nuestros ojos y éste no es una excepción. Para ello, Claverol, Torres y Luque se ofrecen como expertos guías y consumados maestros de la transmisión del saber. Tienen la pretensión de ayudar a suplir una parte de nuestras carencias.

La Geología del subsuelo estudia la Tierra bajo múltiples puntos de vista y, entre ellos, se destacan los de índole aplicada con la intención de acercar al lector la utilidad de esta rama del saber en facetas tan variadas como pueden ser, entre otras: una obra civil, una cantera de áridos, una explotación minera, una fluencia de agua subterránea, la contaminación de acuíferos o simplemente una escombrera. Con ello, sin duda, quieren mostrar lo que la Geología puede brindarnos en el bienestar material de cada día y los disgustos a que puede llevarnos el desconocimiento de sus principios. Pocas veces puede decirse, con tanta propiedad, que explotar sin conocer los límites de lo que se beneficia es dilapidar el patrimonio, que planificar sobre un sustento desconocido es planificar el fracaso o que establecer cimientos en terreno ignoto es construir castillos sobre la arena.

El libro es un compendio de investigación, que procura ser divulgativo sin merma de rigor, en el que intencionadamente se pretende alcanzar un equilibrio entre el contenido de los diferentes capítulos, aunque alguno de ellos tenga más protagonismo en razón a su mayor trascendencia local. No representa, por tanto, un producto del simple cúmulo de datos o de ideas gestadas sólo en la lectura de textos anteriores, muy al contrario, la obra está sustentada en un minucioso estudio directo de los materiales rocosos que configuran el entorno natural y de su estructuración, así como en la capacidad de los autores para prever muchas de las nefastas consecuencias que pueden derivarse de su ignorancia.

"Factores fisiográficos", "Encuadre geológico", "Caracterización Geotécnica", "Recursos hidrogeológicos", "Recursos energéticos", "Recursos minerales", "Recursos industriales" y "Geología ambiental" conforman el discurso mayor del libro. La elección resulta acertada, ya que estos temas constituyen los aspectos más candentes de la Geología práctica en el municipio. Imágenes de por sí expresivas se combinan con un texto que revela el riguroso análisis de los problemas, y con una afortunada labor sintética, reflejada en forma de gráficos, cuadros, tablas, fotos y, sobre todo, mapas de auténtico valor explicativo e indudable utilidad práctica.

Para la elaboración de los mapas geológicos, geotécnicos y temáticos se escudriñaron y cartografiaron prácticamente todos los rincones municipales, pudiendo asegurarse que, salvo las aportaciones iniciales de los autores utilizados como base de partida, el resultado final es novedoso.

Es muy destacable la inclusión de anexos que incluyen una vasta e interesantísima recopilación de información sobre ensayos geotécnicos (tanto de laboratorio como realizados *in situ*) de las rocas y suelos sobre los que se sustenta Gijón. El volumen se completa con una extensa relación bibliográfica, muestra del soporte documental en el que se apoya.

El subsuelo de Gijón pone a disposición de técnicos y especialistas, pero también de las personas interesadas en la naturaleza y en el conocimiento de Gijón y de Asturias, una multitud de detalles e ideas articulados en torno a la Geología, tratados con rigor, prudencia y sensibilidad. Es un libro que sugiere y a la vez resuelve, y que clama a voces por la necesidad de acrecentar y de aprovechar el acervo científico y técnico que nos proporcionan las Ciencias de la Tierra.

Luis Miguel Rodríguez Terente
Geólogo

MANUEL GUTIÉRREZ CLAVEROL, MIGUEL TORRES Y CARLOS LUQUE
El Subsuelo de Gijón. 2003, 462 páginas.
ISBN:84-923608-4-4
Distribución:Librería Cervantes (985 207 761)

El primer cuarto de siglo de Llull

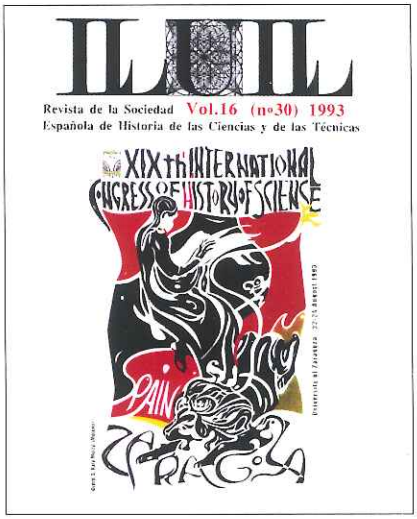
Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas

Mariano Hormigón

Director de Llull

No es precisamente habitual en España que un medio de expresión y comunicación científica complete veinticinco años de existencia continuada. Aunque no se puede olvidar que siempre hay hitos memorables de publicaciones más que centenarias, que suelen jugar el papel de excepciones que confirman reglas, la historia de la ciencia española acredita que hay muchos ejemplos que prueban que el tesón y la voluntad han sido vencidos, tras cierto período de esfuerzo, por causas múltiples entre las que se enfatiza las peculiaridades de la idiosincrasia española. No parece que sea preciso explicitar esos ejemplos de tantas experiencias malogradas, aunque sea conveniente recordar el hecho para justificar la euforia que se desprende del hecho de cumplir un cuarto de siglo. El júbilo es más propio cuando lo que lo suscita es precisamente más inhabitual.

Por eso, la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas (SEHCYT), que ya pudo expresar su legítimo alborozo en el VIII Congreso celebrado en Logroño, en el otoño pasado, por idéntico cumpleaños, puede volver a felicitarse por haber conseguido completar veinticinco volúmenes de su principal publicación: la Revista *Llull*. Por tal motivo, la Junta Directiva de la entidad, recogiendo el sentir expresado unánimemente en la Asamblea General que se celebró en el marco del citado certamen riojano, decidió que el volumen XXVI tuviera una consideración especial en el que se reuniesen diversas instantáneas que recogiesen, junto a colaboraciones singulares sobre diferentes ámbitos de la historia de las ciencias y de las técnicas, aspectos biobibliográficos de dicha historia en los últimos veinticinco años, preferentemente en España. Este volumen especial, de inminente aparición, reunirá los números 55, 56 y 57 correspondientes al año 2003.



Portada del número publicado en el segundo semestre de 1993, aparecido simultáneamente a la celebración del XIX Congreso Internacional de Historia de la Ciencia.

Pero si este volumen es la fiesta, los veinticinco anteriores son la historia. Si hubiera que resumir este proceso en una sola palabra habría que elegir como expresión más adecuada la de multifacética, en el sentido genuino de la palabra. Porque como toda obra humana realizada a lo largo de un lapso de tiempo suficientemente largo, se trate del ámbito que se trate, queda para la posteridad una plural gama de perfiles, de contenidos, de doctrinas, de metodologías e incluso de calidades y críticas.

Es imposible recoger en esta breve colaboración no ya un análisis sino la mera alusión cuantitativa a lo que *Llull,* la Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, ha representado en la historia científica de España. Veinticinco volúmenes, aunque los diez primeros sean más ligeros que los últimos, que han estabilizado su dimensión en torno a las novecientas páginas anuales, implican mucha información en lo que concierne a artículos, notas y reseñas, cuyo análisis ponderado habrá que realizar en el soporte, la estructura académica y la extensión adecuadas. Ello no obstante, sí que se puede hacer una valoración cualitativa que puede servir eventualmente para enmarcar otros juicios posteriores.

Desde una perspectiva cualitativa, *Llull,* la Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, es, en el momento actual, la única revista que en los países de habla hispana aborda en conjunto la globalidad de las historias especializadas en las ciencias y en las técnicas sin ningún tipo de discriminación. Esa síntesis, aunque también extendida a la geografía universal, ha tenido, por razones obvias, una aportación privilegiada para los territorios hispanohablantes y en concreto para España. No es ninguna exageración afirmar que la revista *Llull* ha recogido en sus veinticinco años de existencia aportaciones muy destacadas sobre el pasado científico y técnico de España, no es extraño, habida cuenta de la entidad que creó la revista y que la ha mantenido, pero no sólo. Por supuesto ha habido muchas aportaciones singulares de colegas europeos, americanos, asiáticos y africanos. Mas, entre todas ellas, es justo reivindicar el papel que la revista de la SEHCYT ha representado para que muchos colegas latinoamericanos hayan podido ver impresas sus destacadas contribuciones en momentos de permanente dificultad para los científicos de los países hermanos.

Esta realidad plural en los contenidos disciplinares, en los periodos contemplados y en los ámbitos geográficos de referencia, junto a su permanencia, es uno de los emblemas de una revista que responde a las características esenciales de la sociedad que la anima y la sostiene.



Portada del número 54 de *LLULL* que completa los veinticinco primeros años de la historia de la Revista.

Pero esa pluralidad se ha dejado sentir un muchas facetas de la vida de la publicación, entre las que querría destacar, al menos, una: la composición y presencia de un amplio grupo humano que ha ido conformando sus órganos colegiados, el Comité de Dirección y el nutrido Consejo de Redacción, extenso e innegablemente internacional.

Un tema ha representado un crónico guadiana en la proyección internacional de la revista, el idioma. A lo largo de esta historia ha habido muchos debates en torno al tema de la lengua o lenguas en que debían presentarse los trabajos e investigaciones de la comunidad española, de la hispánica y de los colegas que eligieran este vehículo para hacer transitar sus ideas y reflexiones. Ha habido y hay posiciones diferenciadas e incluso contrapuestas, pero la presencia física de los veinticinco volúmenes acredita que en ningún lugar está escrito que el español —y otras lenguas hermanas del Estado— no sean componentes de pleno derecho del ámbito de comunicación científica. Y aunque el debate no esté concluido, porque nunca podrá estarlo, ahora se tienen más y mejores elementos para afrontar el futuro.

Un apunte final. Si se acepta como válido el desgarrado llamamiento del ex-Presidente de la II República Española y eximio científico Juan Negrín de que resistir es vencer, *Llull,* la revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas ha vencido, porque desde luego ha resistido. Y en ese proceso hay quien tiene motivos para llevarse los parabienes y el protagonismo. Son los cerca de cuatro centenares de miembros de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas quienes han hecho posible el éxito de mantener viva una iniciativa que, allá por los primeros años de la transición española a la democracia, podía parecer —y parecía— una aventura.

LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA DE LAS CIENCIAS Y DE LAS TÉCINCAS

La SEHCYT es una Asociación creada en 1974 por un conjunto de investigadores de la ciencia y de la técnica, que tiene como fines el fomento y difusión de la investigación y el estudio en el campo de la Historia de las Ciencias y de las Técnicas. En palabras de su primer presidente, Santiago Garma, la misión de la SEHCYT "no es averiguar si ha habido o no Ciencia española, grandes figuras o grandes aportaciones, sino de investigar cuál había sido la función de la Ciencia o, en cada caso, la de su deficiente implantación en nuestro medio, y lo que eso ha supuesto para la Historia de nuestro país".

Su principal actividad es la de organizar Congresos, Simposios y Reuniones relacionados con su temática histórica, y la de publicar su revista especializada, LLULL, que es referente internacional de los trabajos de Historia de las Ciencias y Técnicas realizados en España.

En la actualidad tiene cerca de 400 socios, entre los que se encuentran profesores de universidades españolas y extranjeras, profesores de enseñanzas medias del área de Historia de la Ciencia, investigadores de Centros de Investigación como el CSIC, así como por profesionales de estas especialidades. En este conjunto de historiadores se encuentran Matemáticos, Biólogos, Geólogos, Químicos, Físicos, Arquitectos y todas las ramas de las ingenierías que hay en España.

La SEHCYT tiene su sede social en la Universidad de La Rioja, y su presidente es D. Luis Español González, profesor del Departamento de Matemáticas y Computación de dicha universidad.

Aportaciones de la georresistividad al conocimiento geológico del entorno de la Cueva de Maltravieso (Cáceres)

Francisco Javier Fernández Amo

Geólogo
Gabinete Geológico Salvar la Encina Soc. Coop. Santa Marta de los Barros (Badajoz)

Eduardo Rebollada Casado

Geólogo
Dirección General de Medio Ambiente Junta de Extremadura

El estudio mediante geofísica del entorno inmediato de la Cueva de Maltravieso pretende corroborar los datos geomorfológicos y, principalmente, estructurales, que condicionan el desarrollo kárstico de esta zona de El Calerizo de Cáceres. La técnica geofísica aplicada es la eléctrica (dispositivo Schlumberger). Dicho estudio se encuadra dentro del proyecto arqueológico denominado "Estudio de la Ocupación Prehistórica en El Calerizo de Cáceres". La georresistividad se torna imprescindible en la adquisición de datos, mejor en combinación con otras técnicas paralelas, para confrontar los datos geológicos y apoyar las ulteriores investigaciones arqueológicas.

Por el tipo de karst que nos encontramos en El Calerizo de Cáceres existía una cierta certeza, evidenciada por otros trabajos anteriores (1 y 2) y por otros estudios estructurales y geomorfológicos (3, 4 y 5) sobre la existencia de cavidades por descubrir e investigar. Con esta premisa se ha pretendido realizar una campaña de geofísica de georesistividad (sondeos eléctricos verticales) en una zona que presentaba indicios de encontrar cavidades subterráneas, prefijada con otro método geofísico (microgravimetría) desarrollado por un equipo del Instituto de Astronomía y Geodesia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universidad Complutense de Madrid (6). La campaña de sondeos eléctricos tuvo lugar el día 3 de diciembre de 2001, bajo condiciones meteorológicas muy favorables, con terreno seco, a pesar de la época. Como dato a destacar, aún no se conocían los resultados aportados por el método microgravimétrico.

Localización

La zona de trabajo se localiza en el parque de la Cueva de Maltravieso **(Figura 1),** donde también se localiza el Centro de Interpretación de este importantísimo yacimiento paleolítico, a las afueras del casco urbano de Cáceres,

concretamente en la Avenida de Cervantes, que se dirige hacia el S (carretera a Villanueva de la Serena o antigua carretera a Medellín). Su entrada se abre en el frente de una antigua cantera utilizada para la extracción de las calizas y dolomías del Devónico superior-Carbonífero, en las que se desarrolla la cavidad.

Las prospecciones eléctricas se han situado siguiendo dos criterios fundamentales: por un lado, localizados sobre la supuesta prolongación estimada por los arqueólogos; y por otro, buscando el menor número de interferencias (rellenos, superficies asfaltadas o encementadas, conducciones, etc.), muy comunes de zonas urbanas.



Figura 1. Parque y explanada de entrada a la Cueva de Maltravieso.

Procedimiento

El método geofísico utilizado fue el de resistividades eléctricas: este método de prospección consiste en la testificación eléctrica de los diferentes materiales existentes en el subsuelo. Se ha utilizado el dispositivo Schlumberger **(Figura 2)** en sondeos eléctricos verticales, a fin de discernir la litología en profundidad en cada lugar de medición de resistividades. La aplicación más útil del método eléctrico de resistividades la encontramos en la investigación de aguas subterráneas. En obras públicas se aplican otros métodos eléctricos (SEV, SEDT y tomografía eléctrica) en la determinación de la profundidad de roca firme, en el conocimiento de heterogeneidades y discontinuidades del terreno (7), así como de espesores de recubrimientos, además de la determinación de niveles de agua. Los métodos eléctricos se utilizan también en exploración minera.

Se realizaron un total de 7 sondeos eléctricos dispuestos al azar sobre la zona prefijada por la campaña de microgravimetría realizada con anterioridad



Figura 2. Toma de datos con el georresistímetro (dispositivo Sclumberger).

En nuestro caso creemos que los SEV's tienen una aplicación semicuantitativa, ya que en los perfiles eléctricos resultantes se detectan variaciones de resistividad que pueden corresponder con oquedades en el subsuelo, principal objetivo de este estudio.

Se realizaron un total de siete sondeos eléctricos dispuestos al azar sobre la zona prefijada por la campaña de microgravimetría realizada con anterioridad **(Figura 3).**

La máquina utilizada es un georesistivímetro 16 GL con *autoranging* y un software para interpretación PASI (versión 2.0, para Windows 98). La apertura de alas seleccionada ha sido de 15 metros. La distribución de los puntos ha sido azarosa, aunque siguiendo criterios geológicos. Tan solo se ha querido que los sondeos eléctricos verticales efectuados estuviesen en las cercanías a la

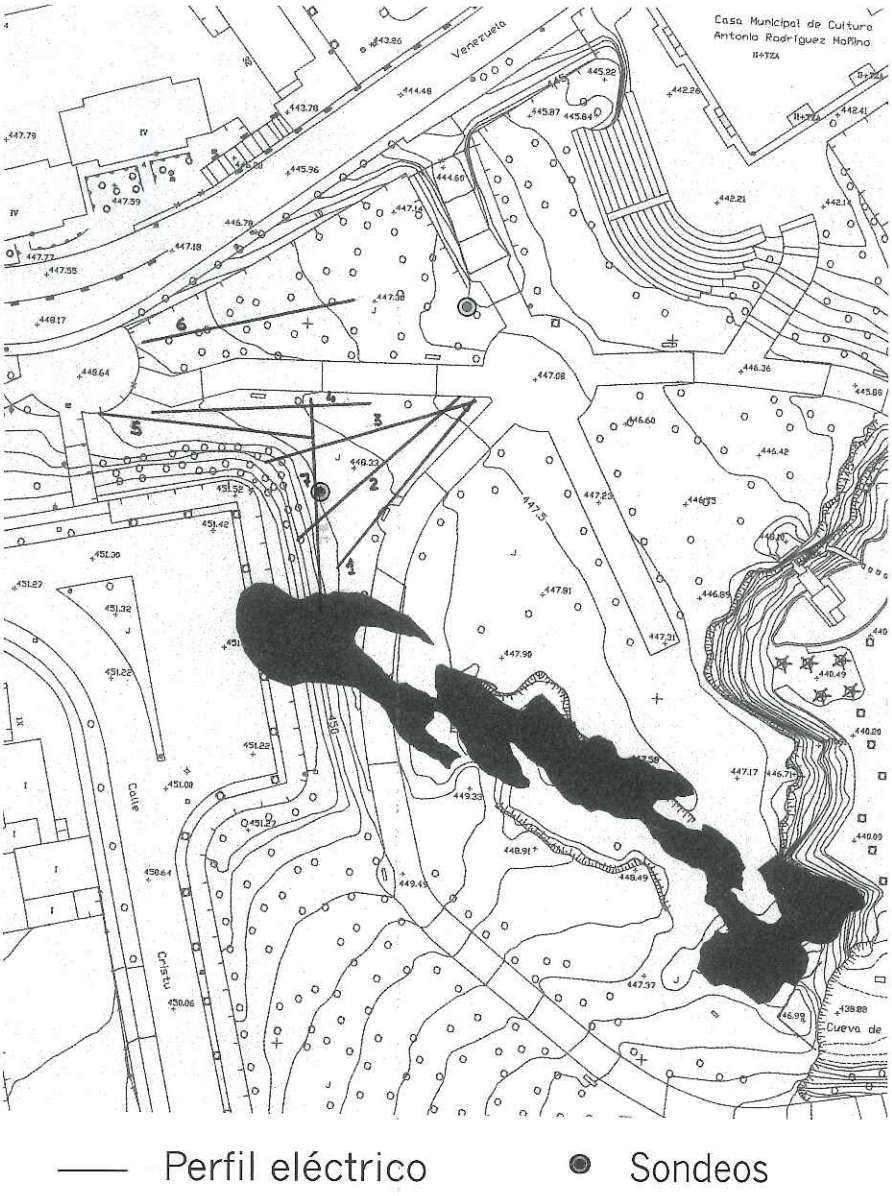


Figura 3. Disposición de los SEV's en los alrededores de la cueva. En negro, proyección en superficie de la planta de la cueva de Maltravieso.

zona preseleccionada, muy condicionada espacialmente a la hora de desarrollar el trabajo de campo.

De la información geológica, confirmada por los datos obtenidos por el método, hemos constatado que estamos en una zona kárstica: se han detectado variaciones altas entre las resistividades obtenidas (28.8 - 1107.5 Ω.m) por debajo de un metro de profundidad (bajo el substrato edáfico), siendo, no obstante, complicado hacer una interpretación de detalle. Los materiales observados son principalmente calizas y arcillas y las interpretaciones geoeléctricas aquí aportadas se fundamentan en las variaciones de las resistividades aparentes obtenidas.

Interpretación de los sondeos eléctricos

Todos los sondeos efectuados son en una zona carbonatada karstificada, siendo la interpretación de un sondeo eléctrico en dichas áreas una labor difícil **(Figura 3)**, ya que las variaciones de resistividades aparentes son muy grandes, como se ha mencionado anteriormente. Esto es motivo de continuas

Los SEV´s llevados a cabo en los alrededores de la Cueva de Maltravieso han sido un apoyo al desarrollo final de la campaña de investigación arqueológica

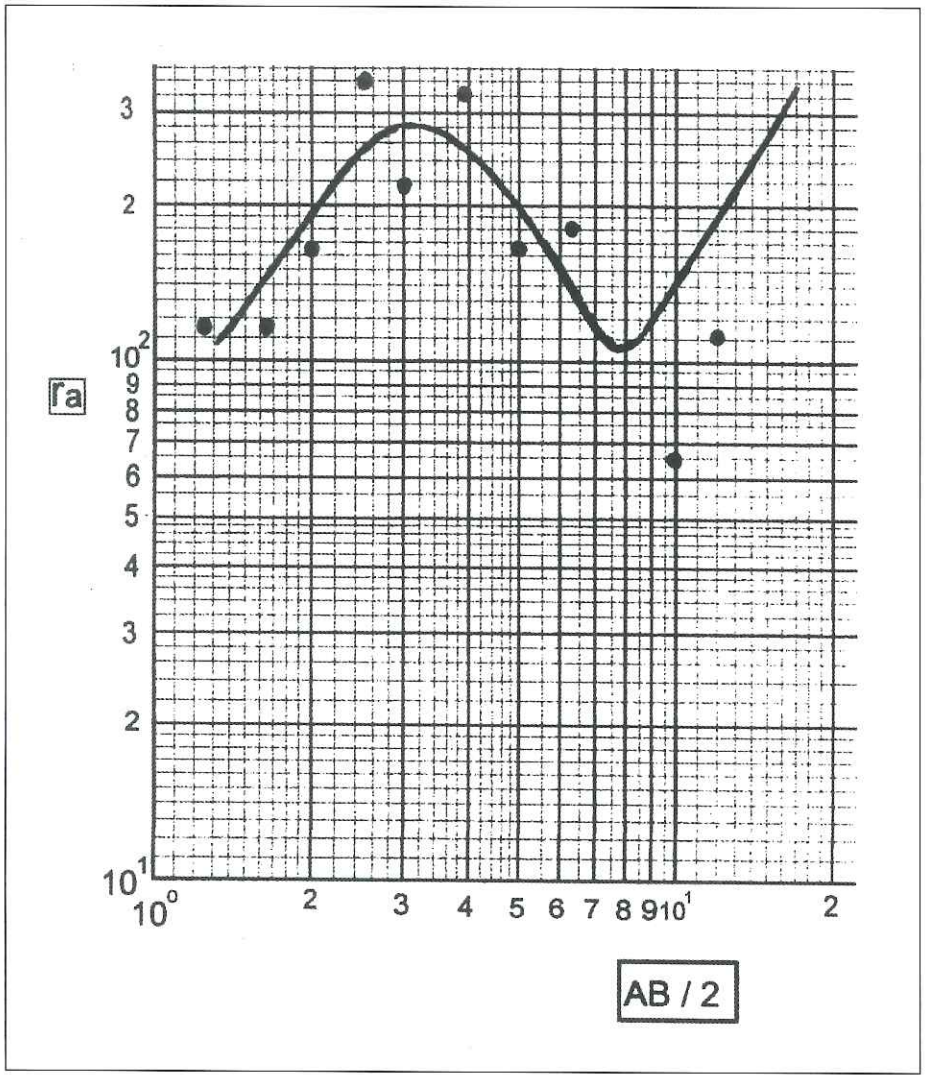
perturbaciones, originándose curvas muy diferentes de las "curvas patrón", por lo que los sondeos eléctricos en áreas kársticas dan lugar a inexactitud en la interpretación. Si a ello unimos las anomalías existentes en el entorno por la alta humedad, hacen que la interpretación de los SEV´s sea prácticamente semicuantitativa o cualitativa **(Figura 4).**

No obstante, una interpretación de las tablas de resistividades aparentes nos puede resultar muy útil para detectar la presencia de cavidades.

- **SEV nº 1**

El presente sondeo eléctrico comienza con resistividades muy bajas propiciadas por la presencia de arcillas y material de relleno: entre 0.5 y 1.5 metros aparece caliza seca. Desde esta profundidad hasta poco más de los 6.5 metros las resistividades obtenidas son las típicas de las calizas, aunque por lo bajo (650 Ω.m). Hay que tener presente que las calizas, en ocasiones, pueden llegar a tener resistividades de hasta 10^4 Ω/m. Las bajas resistividades observadas en este tramo pueden deberse a la presencia de pequeñas oquedades rellenas de arcillas dentro del seno calizo. A pesar de ello, se puede decir que se trata de un seno calizo compacto con un espesor que supera los 6 metros.

Entre los 6,5 - 8 y los 9 - 10 metros de profundidad se observa una zona en la que baja considerablemente la resistividad (hasta 28.8 Ω.m). Esta bajada de resistividad podría corresponderse



La geología de campo junto con la prospección geofísica, ha servido a los geoarqueólogos para conocer algo más del entorno de Maltravieso

Figura 4. Diagrama ejemplo de muestreo y resultados SEV's.

con la existencia de alguna pequeña cavidad. Por las resistividades obtenidas no se puede determinar a ciencia cierta si esta cavidad esta vacía o rellena de arcillas, aunque en comparación con otros sondeos eléctricos efectuados en otras áreas kársticas, nos inclinamos más por la segunda hipótesis que por la primera.

Desde los 9 - 10 metros hasta los 15 metros de profundidad se localiza otro seno calizo compacto.

- **SEV nº 2**

El presente sondeo eléctrico comienza con resistividades características de calizas (hasta los 1.5 - 2 metros). A pesar de que las resistividades obtenidas son propias de la caliza, son relativamente bajas para este tipo de material. Esto último puede deberse a la presencia de pequeñas oquedades rellenas de arcillas dentro del seno calizo y sobre todo a la presencia superficial de arcillas y relleno antrópico. Se puede decir que se trata de un tramo calizo compacto con un espesor que supera los 8 metros.

Desde los 8 - 9 metros hasta los 12.5 metros de profundidad se localiza una zona en la que baja considerablemente la resistividad. Esta bajada de resistividad podría corresponder a la existencia de alguna pequeña cavidad. Al igual que decíamos en el anterior sondeo eléctrico, por las resistividades obtenidas, no se puede determinar a ciencia cierta si esta cavidad esta vacía o rellena de arcillas.

Desde esta profundidad hasta los 15 metros se localiza otro seno calizo compacto.

- **SEV nº 3**

El presente sondeo eléctrico comienza con resistividades muy bajas, propiciadas por la presencia de arcillas y material de relleno. Entre 0.5 y 1.5 metros aparece caliza seca. Desde esta profundidad hasta prácticamente el final del sondeo las resistividades obtenidas son propias de la caliza, aunque tienden a ser bajas para este tipo de material (0.5 - 1 x 10^3 Ω.m). Esto último puede deberse a la presencia de pequeñas oquedades rellenas de arcillas dentro del seno calizo.

- **SEV nº 4**

El presente sondeo eléctrico comienza con resistividades algo por debajo (8 - 9 x 10^2 Ω.m) de lo considerado

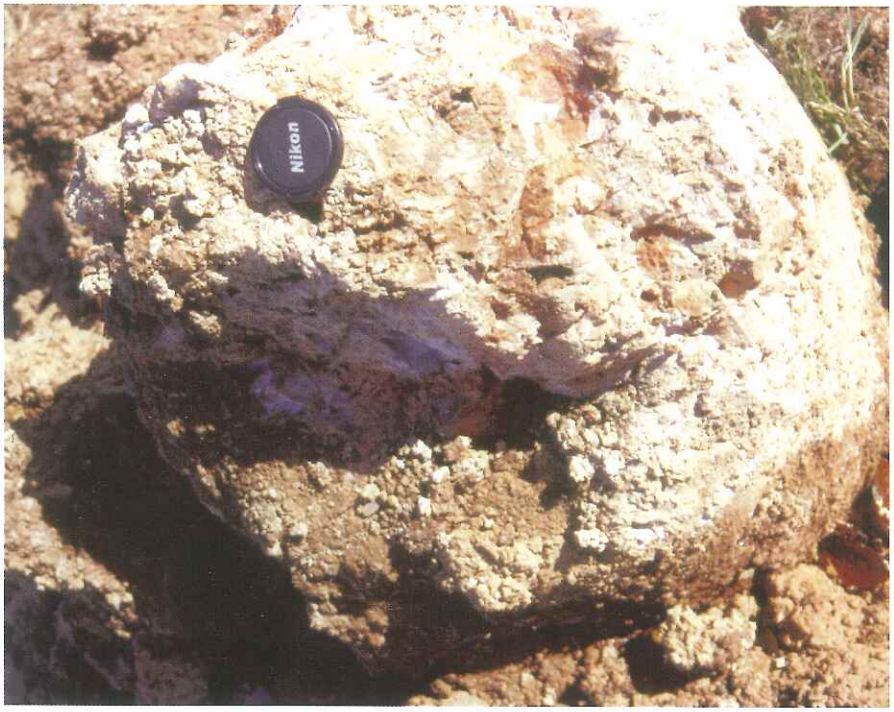


Figura 5. Testigo de sondeo de 80 cm. de diámetro.

característico para las calizas. Como en los sondeos anteriores, esto puede deberse a la presencia de pequeñas oquedades rellenas de arcillas dentro del seno calizo y sobre todo a la presencia superficial de arcillas y relleno antrópico. A pesar de ello se puede decir que se trata de un conjunto calizo compacto con un espesor que supera los 6 metros.

Desde los 6.5 - 8 metros hasta los 10 - 11 metros de profundidad se localiza una zona en la que baja considerablemente la resistividad (hasta 0.53 x 10^2 Ω.m). Esta bajada de resistividad podría corresponder a la existencia de alguna pequeña cavidad. Al igual que decíamos en anteriores sondeos eléctricos, no se puede determinar si está vacía o rellena.

Desde esta profundidad hasta los 15 metros se localiza otro seno calizo compacto.

- **SEV nº 5**

El presente sondeo eléctrico comienza con resistividades bastante bajas para ser calizas (1.8 - 6.4 x 10^2 Ω.m). Esto último puede deberse a la presencia de pequeñas oquedades rellenas de arcillas dentro del seno calizo y sobre todo a la presencia superficial de arcillas y relleno antrópico, a pesar de ello se puede decir que se trata de un seno calizo poco compacto con un espesor que supera los 7 metros.

Desde los 7 - 8 metros hasta los 10 - 11 metros de profundidad se localiza una zona en la que baja considerablemente la resistividad (hasta 0.54 x 10^2 Ω.m), lo que podría corresponder a la existencia de alguna pequeña cavidad.

Al igual que señalábamos en anteriores casos, por las resistividades obtenidas no se puede determinar si esta cavidad está vacía o rellena de arcillas.

Desde los 10 - 11 metros hasta los 15 metros de profundidad se localiza otro seno calizo compacto.

- **SEV nº 6**

El presente sondeo eléctrico comienza igualmente con resistividades características de calizas, a pesar que las resistividades obtenidas son relativamente bajas (1.8 - 7.4 x 10^2 Ω.m). Ello puede deberse a la presencia de pequeñas oquedades rellenas de arcillas dentro del seno calizo. No obstante, se puede decir que se trata de un seno calizo compacto con un espesor que supera los 4 metros.

Desde los 4 - 5 metros de profundidad se localiza una zona en la que baja considerablemente la resistividad (0.48 x 10^2 Ω.m), que podría corresponder a la existencia de alguna oquedad. Como en casos anteriores, nos inclinamos a pensar que dicha oquedad está rellena total o parcialmente de arcillas de decalcificación.

Desde esta profundidad hasta los 15 metros se localiza otro seno calizo compacto.

- **SEV nº 7**

El presente sondeo eléctrico comienza con resistividades características de calizas que, como en anteriores sondeos, son relativamente bajas para este tipo de material (2.4 - 3.1 x 10^2 Ω.m), lo que interpretamos por la presencia de pequeñas oquedades rellenas de arcillas dentro del seno calizo. Se trata, no obstante, de un seno calizo compacto con un espesor que supera los 6 metros.

Desde los 6 - 7 metros hasta los 9 - 10 metros de profundidad se localiza una zona en la que baja considerablemente la resistividad (0.58 x 10^2 Ω.m). Esta bajada de resistividad podría corresponder a la existencia de alguna pequeña cavidad. Al igual que en sondeos anteriores, no se puede determinar a ciencia cierta si dicha cavidad está vacía o rellena de arcillas.

Desde los 9 - 10 metros hasta los 15 metros de profundidad se localiza otro seno calizo compacto.

Conclusiones

Los SEV´s llevados a cabo en los alrededores de la cueva de Maltravieso han sido un apoyo al desarrollo final de la campaña de investigación arqueológica del proyecto "Estudio de la Ocupación Prehistórica en El Calerizo de Cáceres", culminando con las excavaciones que actualmente se están desarrollando por parte de un equipo especializado en paleoantropología.

El proyecto inicialmente pretendía buscar argumentos geológicos para establecer la posibilidad de continuidad de la cueva, así como definir el lugar en el cual discurrió la vida diaria de sus moradores en el entorno de la misma, que constituye un santuario pictórico

único en España. La geología de campo (estructural, geomorfológica y, en menor medida, estratigráfica), junto con la prospección geofísica, ha servido a los geoarqueólogos para conocer algo más del entorno de la Cueva de Maltravieso, dando como resultado que, de haber desarrollo de ésta, sería hacia el NO (dato ya apuntado, como se ha señalado anteriormente, por otros trabajos) y localmente siguiendo otros patrones estructurales, principalmente N40° y N80° pseudohorizontal. Ambas direcciones fueron detectadas por resistividad eléctrica y microgravimetría, sin que ninguno de los dos equipos conociera los resultados del otro. Debe hacerse constar que el método gravimétrico aportó un dato (N30° E) deducible por métodos físicos y matemáticos, que corresponde realmente a N40° E, según se ha confirmado por las discontinuidades tectónicas estudiadas tanto dentro como fuera de la cueva (4). El otro dato aportado por la microgravimetría es N120°, que constituye la dirección principal de la cueva (dirección hercínica), junto con N140°.

La evidencia fue confirmada mediante un sondeo de gran diámetro (80 cm.) **(Figura 5)** efectuado a principios del año 2002, con el que se perforó hasta el nivel con mayor potencial kárstico (entre 7 y 10 m. de profundidad) **(Figura 6).** La zona seleccionada fue el resultado de las investigaciones de ambos equipos de prospección geofísica, en la confluencia de tres discontinuidades (N40°, N120° y pseudohorizontal). El resultado no fue satisfactorio para los arqueólogos, aunque confirmó los datos recabados por la geofísica, tanto eléctrica como microgravimétrica, localizándose una cavidad de escasa potencia y poco desarrollo lateral, parcialmente rellena de terra rosa y que se colmató casi inmediatamente después de ejecutado el sondeo. Del estudio de los datos geológicos del entorno de la Cueva de Maltravieso se sugiere que existe una muy baja probabilidad de existencia de cavidades de orden mayor, no pudiéndose confirmar la continuidad hacia el NO mediante técnicas geofísicas por interferencias de aplicación de método (edificaciones, rellenos antrópicos, etc.).

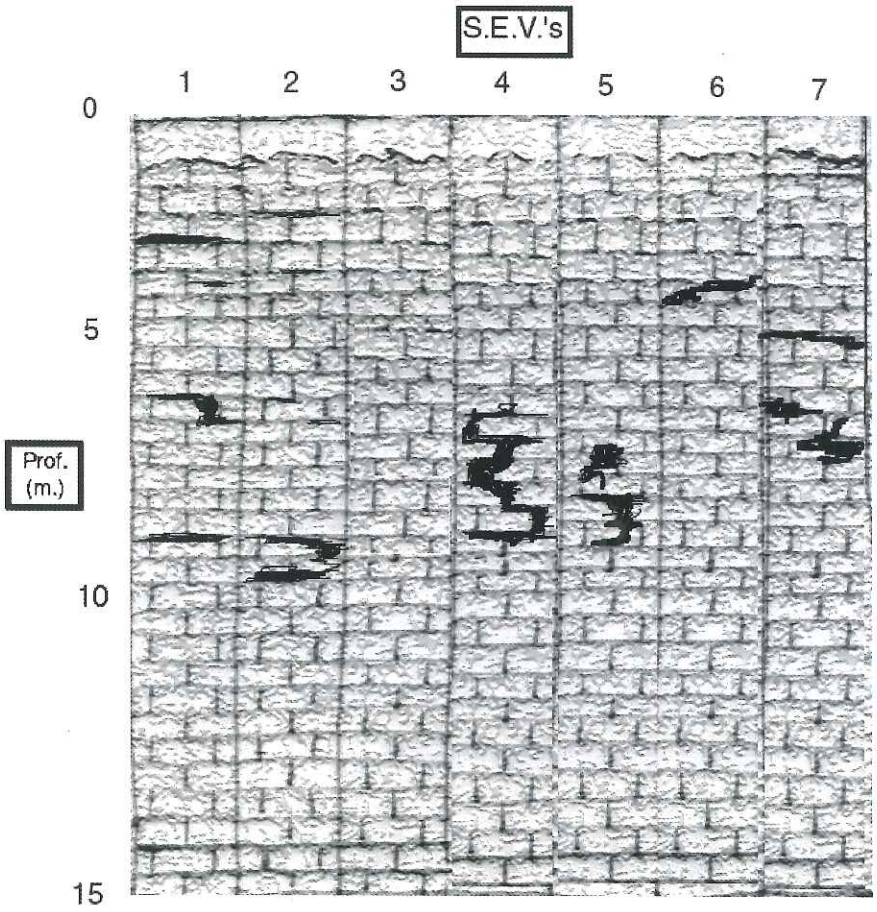


Figura 6. Idealización del terreno tras el análisis de los datos aportados por SEV's.

Agradecimientos

A Manuel Miguel Parra López por su ayuda en el desarrollo del trabajo de muestreo. Al equipo arqueológico que reinició los trabajos de Maltravieso (Hipólito Collado "Poli", Milagros Algaba, Milagros Fernández, José Mª Fdez. "Chema", así como a Andy e Iñaki). Igualmente, al Director del Centro de Interpretación y al personal a cargo del recinto. Al Director del Museo Arqueológico de Cáceres.

Referencias bibliográficas

[1] INGEMISA (1980): Proyecto de Investigación Geológico-Geotécnica y de Riesgos en El Calerizo de Cáceres. Consejería de Agricultura, Industria y Comercio.

[2] Algaba, M; Fdez., J.M. y Collado, H. (2000). Cavidadesde de Extremadura (España): Patrimonio natural y arqueológico. B.A.R. International Series 826. Oxford.

[3] Tena-Dávila, M. y Corretgé, L.G. (1982): Memoria del Mapa Geológico (2ª serie MAGNA) a escala 1:50.000. Hoja nº 704 (Cáceres). IGME.

[4] Fdez. Amo, F.J. y Rebollada, E. (2002): Modelado kárstico de la Cueva de Maltravieso. *Publicaciones del Museo de Geología de Extremadura, nº 6*, pp. 37-40.

[5] Ripoll, S.; Ripoll, E. y Collado, H. (1999): Maltravieso. El Santuario Extremeño de las Manos. Publicaciones del Museo de Cáceres. Consejería de Cultura. Junta de Extremadura.

[6] Camacho, A.G.; Vieira, R.; Ortiz, E. y Montesinos, F.G. (2002): *Investigación gravimétrica para el estudio arqueológico en la Cueva de Maltravieso.* 3ª Asamblea Hispano - Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Univ. Politécnica de Valencia, 4-8 de febrero de 2002. CD-ROM.

[7] Granda Sanz, A. y Cambero Calzada, J.C. (2001): Algunas experiencias de la aplicación de métodos geofísicos en los proyectos geotécnicos y constructivos de la L.A.V. Madrid-Barcelona-Frontera Francesa, tramo Madrid-Zaragoza. *Ingeniería Civil, 123,* pp. 15-29.

Otras referencias

http://www.uned.es/dpto-pha/maltravieso

http://es.geocities.com/juangilmontes/geocal.

www.agex.org<http://www.agex.org>

Breve historia de la minería de los metales en la Comunidad de Madrid

Luis Jordá Bordehore

Ingeniero de Minas
Departamento Ingeniería Geológica
Escuela Técnica Superior
Ingenieros de Minas. Madrid
luis_etsim@hotmail.com

En el presente trabajo se dan a conocer algunos de los principales yacimientos de minerales metálicos de la Comunidad de Madrid, desarrollando una síntesis histórica de esta minería desde sus comienzos documentados en 1417- hasta los años ochenta del siglo XX. Por otro lado se estudia el estado actual de los puntos de interés geológico y minero más notables y se proponen a su vez excursiones a las minas mejor conservadas. Muchas de ellas presentan un notable interés desde varios puntos de vista: histórico-cultural, minero y geológico.

Madrid no es precisamente la provincia minera de metales por excelencia. Sin embargo, un vistazo a su historia y un recorrido por alguna de sus numerosas minas abandonadas nos permite dilucidar que no ocupa el puesto que merece en el "escalafón minero- metalúrgico". Esta minería en Madrid ha seguido una historia paralela a la del resto de la Península Ibérica, si bien la escala de sus explotaciones ha sido siempre pequeña. Una minería local, poco tecnificada y muy rudimentaria, que puede aún estudiarse a pesar de ser una de las zonas de mayor actividad antrópica de España.

Prácticamente olvidadas durante decenios estas minas "han ofrecido una resistencia numantina" a los ataques del hombre, a las palas excavadoras o a los vertederos. Muchas han perdurado como el Pozo Maestro de Colmenarejo **(figuras 1a y 1b);** desgraciadamente otras, como la mina de plata La Perla en Prádena del Rincón, ya no existen. Algunas de estas explotaciones, las que menos, aún se recuerdan y son visitadas durante las excursiones de las Facultades y aficionados a la mineralogía en general. Las minas más antiguas se deterioran y corren el riesgo de desaparecer, sus historias y mapas amarillean en archivos polvorientos.

Los tiempos que corren son de auge del turismo rural y de interés por las tradiciones locales; este tirón puede ser aprovechado para la restauración de muchas de estas minas. La rehabilitación ha de hacerse siempre siguiendo las premisas del desarrollo sostenible. Ello implica suscitar el interés del gran público a la par que se mantiene la integridad del patrimonio y los valores locales. Los recorridos geológico - mineros pueden ser complementos culturales en zonas que ya poseen cierto turismo (como el valle del Lozoya, Buitrago y la Sierra Norte) o un destino en sí mismas. Algunos ayuntamientos madrileños como Colmenar del Arroyo o Navalagamella se han dado ya cuenta de la importancia cultural de esta minería y están interesados en promover acciones divulgativas de sus yacimientos.

Siglos XVI a XIX

La cita más antigua que hemos hallado referente a minería data de 1417, recogida en González (1832), hace referencia a una expedición mineralógica a la Sierra de Guadarrama bajo mandato del rey Juan II de Castilla. En ella se descubren los "veneros" del cerro de San Pedro, en Colmenar Viejo y de Bustarviejo. Anteriormente a esta fecha pensamos que tal vez hubiera minería, si bien todavía no ha habido ninguna campaña arqueológica en las minas de la Sierra, que pudiera aportar luz sobre el laboreo en los tiempos visigóticos y anteriores. En los siglos XVI a XVII se produce un resurgimiento de la actividad minera peninsular, que empieza con un tímido apoyo de Los Reyes Católicos. Tras el éxito en el Nuevo Mundo, se dicta en 1504 una Real Cédula:

"por la que se establece la libre búsqueda y beneficio de minas de oro , plata, plomo, estaño, azogue, hierro y cualquier otro metal, debiendo pagar a la Corona la quinta parte de los que se extrajera".

Ello marca en el contexto madrileño el comienzo de una ferviente demarcación de permisos mineros, reflejados en los archivos de Simancas. En el siglo XVI se tienen noticias no sólo de hallazgos sino de algunos trabajos mineros, que se han podido identificar en el campo. En el siglo XVII se puede hablar ya de "focos de minería" como la zona cuprífera de Galapagar y Colmenarejo, con las minas de La Osera, Chaparrilla y Arroyo de Trofas **(figura 2)**. La mina de mayor importancia de la Sierra será la de plata de Bustarviejo. Esta explotación tiene una larga historia, tanto minera como metalúrgica; se tienen datos de intensa acitividad extractiva en los siglos XVII y XVIII y sobre la instalación de varios hornos, unos de calcinación a bocamina y función de plata en el propio pueblo, en los siglos XVIII y XIX. También destacamos la actividad minera y metalúrgica en el cerro de San Pedro, especialmente en el siglo XVIII (Jordá, 2003). De todas estas minas quedan numerosos restos de labores. Otras



Figura 1a. Mina de cobre Pilar de Colmenarejo. Al fondo el Pozo Maestro, su construcción data posiblemente de finales del siglo XIX o primeros años del XX.



Figura 1b. Segundo nivel de la mina Antigua Pilar de Colmenarejo, campaña de exploración de 2003, en la que se descendió por el pozo Jaime utilizando técnicas de espeleología.



Figura 2. Mina de cobre de Arroyo de Trofas en Torrelodones. Las principales labores se iniciaron en 1663 y en los años 1960 se llevó a cabo un intenso estudio por el contenido en uranio (torbernita, autunita y uraninita).

minas de la época fueron borradas por los intensos trabajos extractivos de finales del siglo XIX y principios del XX.

La minería sufrió un declive a finales del siglo XVIII y un completo abandono con la invasión francesa y décadas tumultuosas hasta 1840 - 1850: fechas del resurgimiento de la minería en casi toda la península.

Aparece en la segunda mitad del siglo XIX como una zona minera de relevancia la de los criaderos de plata de la Somosierra Madrileña. Esta importante comarca abarca desde La Acebeda hasta Montejo de la Sierra. Como curiosidad, mencionar que entre los años 1891 y 1892 se extrajeron de la mina La Perla de Prádena del Rincón, 90 toneladas de plata. Otras minas muy importantes eran las de Horcajuelo de la Sierra. Contemporáneas son igualmente las minas de plomo argentífero de Gargantilla de Buitrago, que contaban con una fábrica de amalgamación (proceso por el que se extrae la plata utilizando el mercurio). Sin embargo más aun nos han llamado la atención las labores de exploración de estas ultimas minas, ya que **¡los filones fueron reconocidos en globo!** Estas minas fueron abandonadas completamente hacia finales del siglo XIX.

El siglo XX

Tras una breve parada de toda la minería madrileña a finales del siglo XIX, se retoman con interés los trabajos entre los años 1902 y 1905. Colmenarejo sigue siendo un núcleo minero de relativa importancia para el cobre, al igual que Garganta de los Montes, en el Valle del Lozoya. El trabajo en Colmenarejo cesará hacia 1915 dejando una gran cantidad de instalaciones mineras que aún hoy pueden verse. Las minas antiguas de Garganta de los Montes continuarán produciendo hasta 1917.

El siglo XX es, sobre todo, el de la minería del plomo en la provincia de Madrid. Primero son los criaderos de Cadalso de los Vidrio y Cenicientos, que continuarán en actividad hasta 1914. Después el foco pasa a situarse en la vecina Colmenar del Arroyo, la cual va a experimentar un apogeo de su pequeña minería hasta bien entrada la década de los sesenta **(Figura 3).** La extracción de minerales se paraliza totalmente durante los años de la Guerra Civil.

La segunda guerra mundial supone el surgimiento de una minería poco trabajada en la Sierra hasta entonces: el wólfram. Los criaderos de estaño - wólfram, de minúsculo tonelaje, fueron intensamente trabajados en los años de la autarquía. En la zona de Guadalix de la Sierra, Colmenar Viejo, y Hoyo de Manzanares aparecen numerosísimos filones vaciados a cielo abierto.

Los años 50 y 60 del pasado siglo son testigos de una minería relativamente moderna y de cierta envergadura, que contrastará con las acostumbradas labores artesanas. Destacar las más de 12.000 toneladas de concentrado de cobre extraídos en los años 60 de la mina Fernandito, de Garganta de los Montes, ubicada sobre la antigua "Descuido". Los sesenta supondrán los últimos años para los metales en las minas de interior de Madrid. Durante el decenio que seguirá sólo la ganga de algunos de estos filones de fluorita y barita mantiene vivas a alguna de estas comarcas. El año 1971 fue el último de producción en la mina Eusebio, de Colmenar del Arroyo, y en 1979 cierra definitivamente Navalagamella. Algunos mineros pasaron a la cantería (donde las había), otros, cambiaron de trabajo o emigraron a la capital.

En los años ochenta, donde finaliza nuestro estudio histórico, se extraía todavía estaño de los aluviones de la Sierra. Las labores se encontraban en los términos de Las Rozas, Colmenar Viejo y Lozoyuela.

¿Qué minas se pueden visitar hoy en día?

Existen más de un centenar de labores mineras de metales, abandonadas en la Comunidad de Madrid; sin embargo, un buen numero de ellas sólo tienen interés para arqueólogos o estudiosos de ciertas particularidades geológicas. Para los aficionados a la historia de la industria o los minerales, recomendamos a continuación algunos recorridos.

Mina San Francisco Horcajuelo de la Sierra

La minería de la plata fue muy intensa en la Somosierra Madrileña en la segunda mitad del siglo XIX, como ya se ha apuntado. La mina más importante era La Perla, en Prádena del Rincón, que alcanzó un centenar de metros de profundidad. Esta labor, que ha desaparecido por completo, se hallaba en lo que hoy es un vertedero entre Prádena

y Montejo de la Sierra. Por suerte para el colectivo científico y el público, hay todavía una explotación de plata de esa época en perfectas condiciones: la mina San Francisco de Horcajuelo. Esta labor es visible al Norte desde este pueblo, en un cerro llamado el Frontón. Las voluminosas escombreras son el hito a seguir. Se explotaban una serie de filones de cuarzo a modo de hojaldre con arsenopirita y sulfosales de plata, que afloran en muchas zonas. Estos diques forman la espina dorsal de la cadena de cerros de más de cinco kilómetros que parten desde el pueblo y a lo largo del cual pueden apreciarse labores en pozo y calicatas que se remontan algunas al siglo XVI y XVII, aunque las labores de mayor envergadura son del siglo XIX.

La mina San Francisco tiene una pequeña "sala" y una galería; existen restos de construcciones que pertenecían a la zona de tratamiento de la plata, y el patio de un gran malacate movido por caballos.



Figura 3. Primer nivel de mina Padre Jesús de Colmenar del Arroyo. Beneficiaba un riquísimo filón de galena, blenda y calcopirita. Las labores principales son de 1950.

Mina Antigua Pilar. Colmenarejo

Bastante se ha escrito de la principal mina de cobre de esta localidad, desde que las labores fueran redescubiertas a principios de los noventa por aficionados a la mineralogía. En ellas se encuentra el malacate mejor conservado de la provincia: el Pozo Maestro de la Mina Antigua Pilar. Rescatamos un documento en el que se describen las labores (Revista Minera, 1902)

"En la mina Pilar de Colmenarejo (Madrid), que fue de la Sra. Baronesa de Sangarrén y del Sr. Llorens, y hoy pertenece a "The Escorial Copper Mining Co" de Londres, se está explotando una bolsada de pirita de cobre. Se han obtenido algunos vagones de mineral de buena ley, pero ignoramos qué importancia tenga dicha bolsada, así como las condiciones del resto del criadero [...]"

Las minas cesaron completamente su actividad a finales de la primera década del siglo XX. Erróneamente se ha creído que estas labores fueron nuevamente trabajadas en los años 60-70. Debido a que las concesiones aun estaban activas en esos años, diversos artículos han atribuido a estas minas la producción que correspondió a Garganta de los Montes (Jordá L. et. al., 1992).



Figura 4. Pozo de la Mina de la Osera. Colmenarejo. Mediados del siglo XVII. Resulta sumamente interesante el sistema de desagüe junto al pozo.

Esta mina se encuentra en la carretera de Colmenarejo a Villanueva del Pardillo, al final de un camino que parte a la izquierda bajo la línea de alta tensión, a un kilómetro de la Universidad Carlos III. En la misma pista que se dirige a las labores se encuentra la antigua fundición, del periodo 1840 a 1850. Las enormes escombreras de la mina merecen el interés de los aficionados a la mineralogía: aparecen interesantes ejemplares de malaquita y calcopirita, y minerales de uranio.

Minas de la Osera. Colmenarejo

Estas antiquísimas minas, trabajadas en el siglo XVII, son prácticamente desconocidas, ya que nada hemos encontrado escrito sobre ellas desde 1842 en que figuran varios informes de demarcación en la Dirección General de Minas. Las minas se encuentran próximas a las cañada Real de Merinas de Colmenarejo, junto a la Urbanización las Cuestas. Constituyen un diminuto complejo minero-metalúrgico. La zona extractiva comprende una labor en calicata y



Figura 5. Vista del pozo interior y comunicación al segundo nivel de la mina Padre Jesús, anegados. Colmenar del Arroyo.



Figura 6. Mina de cobre y arsénico de la Dehesa de Colmenar Viejo. Al fondo está el cerro de San Pedro. Posiblemente es la mina bien conservada más antigua de Madrid. Las labores datan del siglo XVI, se volvió a investigar en el siglo XIX y principios del XX.

oquedad y un pozo de sección cuadrada inundado; las escombreras son bastante voluminosas. Alrededor de las labores hay montones de mineral, en algunas zonas parcialmente calcinado, que correspondería, según creemos, a montones para "tostación en eras". Resulta ingenioso el sistema de bombeo de agua, con una pila comunicada por un agujero a una construcción cuadrada que presumiblemente albergaba una bomba de achique **(figura 4).** Las numerosas tejas atestiguan una posible canalización hacia el exterior de la zona.

Zona minera de Colmenar del Arroyo

Existen seis minas que pueden aún encontrarse sin dificultades. Son las minas más conocidas de la provincia de Madrid. Principalmente fue explotado el plomo, aunque también aparecía blenda y en menor medida calcopirita. La producción metálica cesa en 1960 y es la fluorita y la baritina de la ganga que se beneficiará hasta finales de los 70. Algunas galerías son visitables y quedan algunos restos de las plantas de tratamiento.

Las dos minas más importantes son la mina San Eusebio y Nuestro Padre Jesús. En la primera hallaremos como elementos más notables una vagoneta y una galería de exploración de 30 metros perfectamente visitable. La galería principal, junto a la casa de transformadores puede recorrerse hasta la sala del "torno"; donde se ven los restos oxidados de un cabestrante que accionaba el plano inclinado, ahora inundado. Esta mina está en la carretera de Robledo de Chavela, en el primer camino que parte a la izquierda un kilómetro después del Canal de Isabel II.

Volvemos por un momento cuarenta años atrás: el pozo principal de San Eusebio que llegó a tener ochenta metros de profundidad a principios del siglo, estaba completamente anegado por el agua en los sesenta. El entonces capataz de las minas decidió habilitarlo. Lo que allí sucedió es un testimonio del tesón de la época por encontrar la continuidad de una prometedora labor minera; su profundización y bombeo fue una penosa labor que aun recuerdan los mineros jubilados de la comarca. D. Marcos Herrero Blanco, de ochenta años, nos lo contaba así (2002):

"Conseguimos desaguar hasta 60 metros, donde ya se veían galerías que atravesaban. Después de bombear, yo mismo bajaba en un canastillo e iba retirando escombros y saneando. En un momento se fue la corriente eléctrica, y quedé parado a 60 metros -¿estás bien Marcos?- me preguntaron. A lo que yo respondí: -Sí, mientras tenga tabaco!- Sin embargo la electricidad tardaba en volver y quedé atrapado abajo, donde me terminé el paquete de cigarrillos, me animaban desde la boca. Tras recuperarme abandonaron el bombeo. Corría 1960"

En otra dirección están las minas de Nuestro Padre Jesús **(figura 5),** explotadas en los años cincuenta por la Compañía Los Guindos, famosa por sus labores en La Carolina y El Centenillo. La Casa de la Mina, con vestuarios y duchas, cocina y talleres se encuentra en perfecto estado. En las escombreras aparecen abundantes minerales: blenda (frecuentemente cristalizada), galena masiva, calcopirita y malaquita. Es un lugar ideal para iniciarse en la mineralogía.

Minería de cobre en Colmenar Viejo

En los alrededores de la localidad de Colmenar Viejo se hallan dos de las minas más antiguas de la provincia de Madrid que aún pueden recorrerse. La mina más importante es la de cobre y arsénico de La Dehesa de Navalvillar situada en las laderas Sur del Cerro de San Pedro. Fue descubierta en 1417 en la misma campaña que avistaría después la mineralización de Bustarviejo. Las labores principales de aquella mina datan del siglo XVI **(figura 6).** Aún se conserva un pozo de sección cuadrada, con mampostas en madera, pero inundado a cuatro metros; hay restos de la zona empleada como fundición y una galería en dirección del filón con agua en el fondo pero con espectacular desarrollo vertical. Las minas se hallan en el arroyo de los Maderones, en el área conocida como dehesa comunal. Distan 5 kilómetros de la carretera de Colmenar Viejo a Guadalix (La pista parte inmediatamente después de la base de helicópteros)

La otra mina de cobre antigua está formada por dos galerías independientes en las laderas del cerro de Peñalvento, en la margen Este del río Manzanares. La galería inferior se halla prácticamente al nivel del río y tiene aproximadamente 30 metros de recorrido lineal. La galería principal, está 30 metros más arriba y presenta una entrada en mampostería. La excavación del filón superior dataría del siglo XVI o XVII aunque saneada y vuelta a trabajar a mediados del siglo XIX. La labor puede recorrerse y tiene zonas en realce, galerías en estéril y en filón. Tiene unas pequeñas pero interesantes escombreras con crisocola y algo de calcopirita, y sobre todo abundante cuprita.

Otras minas

Otras minas que pueden recorrerse y cuyos vestigios y minerales bien merecen una visita son enumeradas a continuación. Junto al Puerto de los Leones, en el lugar llamado Cabeza Lijar o Collado de la Mina, existe una explotación de wólfram, trabajada en los años 50. La galería es practicable y presenta varios ramales transversales en filón.

Una mina legendaria, por las historias que en ella acontecieron y el largo tiempo que estuvo en explotación (hasta 1964) es la mina de cobre Fernandito de Garganta de Los Montes, llamada a principios de siglo Mina Descuido. De la misma época es la mina de bario y plomo de la localidad de Navalagamella, la que se está estudiando habilitar como recorrido didáctico. En el pueblo debemos preguntar por la mina Montañesa o mina del Horcajo. En último lugar, pero no por ello menos importante citamos la mina de arsénico y plata "Indiana" de Bustarviejo (también conocida como mina Mónica o Cuesta de la Plata). Esta explotación en un principio trabajaba por el contenido en plata de la mineralización, para después beneficiar el arsénico, a finales del siglo XIX. Aparecen bonitos ejemplares de arsenopirita en sus enormes escombreras. El acceso es evidente desde la carretera Miraflores- Bustarviejo.

Los tiempos que corren son de auge del turismo rural y de interés por las tradiciones locales; este tirón puede ser aprovechado para la restauración de muchas de estas minas

Epílogo

En estas breves páginas se ha pretendido rescatar de los archivos polvorientos y la voz de "viejos" mineros algunos recuerdos que estaban abocados a perderse para siempre. Es un homenaje a todos aquellos que trabajaron arañando los minerales de las entrañas de la Sierra de Guadarrama.

Se trata de unas notas históricas que han pretendido ser amenas y didácticas sin perder por ello un ápice de rigor científico. El autor se encuentra realizando una investigación exhaustiva sobre la historia y el patrimonio (posibilidades de uso y gestión) de la minería de los metales y metalurgia de la Sierra de Madrid. Fruto de ello será su tesis doctoral y pretende la publicación de numerosos artículos divulgativos sobre este valioso, pero poco valorado, patrimonio madrileño.

Agradecimientos

A mi hermano Rafael Jordá, estudiante de Geológicas y experto espeleólogo, por su ayuda en la exploración de pozos y galerías abandonadas y las duras campañas de cartografía exterior y subterránea. Sin él la labor de campo habría sido inviable, en esfuerzo y tiempo. A Carlos Alonso, estudiante de Geológicas por su colaboración en las últimas exploraciones en Colmenarejo y Bustarviejo.

A Alejandro Sánchez, ingeniero de minas, investigador del Instituto Geológico y Minero de España, por su disponibilidad y detallada información sobre los indicios de las hojas metalogenéticas de Madrid.

Referencias bibliográficas

ANÓNIMO, (1902): Minas de Colmenarejo, Revista Minera, pág. 501.

GONZÁLEZ, T. (1832): Registro y relación general de minas de la corona de Castilla. Tomos I y II.

JORDÁ BORDEHORE, L., Y JORDÁ BORDEHORE, R., (1991): Las Minas de cobre de Colmenarejo (Madrid) Azogue, Ed. Grupo Mineralogista de Madrid. Año II Nº5 : pags. 11 y 12.

JORDÁ BORDEHORE, L., (1992): Excursiones Mineralógicas por la provincia de Madrid. Azogue, Ed. Grupo Mineralogista de Madrid. Año III/ Numero 7 : pags. .8-15.

JORDÁ BORDEHORE, L., (2003): La minería de los metales en el cerro de San Pedro entre los siglos XVI y XIX, En: Cuadernos de Estudios Nº17 pp. 307-324, Ed. A.C. Pico San Pedro, Colmenar Viejo.

PRADO, C., DE (1864): Descripción física y geológica de la provincia de Madrid.

SÁNCHEZ, A., (1995): Libro Blanco de la minería de la Comunidad de Madrid. I.G.M.E.

SÁNCHEZ GÓMEZ, J., (1989): De Minería, Metalurgia y Comercio de metales, 1450-1610. 2 volúmenes. Ed. Instituto Geológico y Minero España. Colección Memorias. Salamanca.

El agua dulce, estrella de cine

Marc Martínez Parra

Hidrogeólogo
Dirección de Hidrogeología
y Aguas Subterráneas
Instituto Geológico y Minero (IGME)
m.martinez@igme.es

El presente artículo muestra, mediante un amplio criterio, la presencia del agua dulce en el cine, desde situaciones que, generalmente, pasan desapercibidas a otras en las que constituyen la línea argumental de numerosos filmes.

Los cineastas también estudian hidrología

El agua dulce, recurso necesario para la supervivencia de cualquier organismo y el desarrollo óptimo de una comunidad, ha sido siempre un bien polémico. Su posesión ha acarreado numerosos conflictos que salpican los medios de comunicación, entre todos los niveles de la sociedad: enfrentamientos entre vecinos, familias y localidades que se niegan a ceder "su" agua a otras, disputas regionales -reciente está el controvertido trasvase del Ebro- e incluso entre estados, al suponer un recurso geoestratégico, como en Oriente Medio.

Este *filón* no podía pasar desapercibido a la Industria Cinematográfica, sedienta de novedosos argumentos, especialmente si suscitan debate entre sus potenciales espectadores. Esa mezcla de envidias, tensiones sociales, rencillas económicas, violencia y epidemias de reminiscencias bíblicas, resulta demasiado atractiva para no ser aprovechada.

Pero esta es una visión muy limitada del auténtico alcance del papel del agua dulce en el cine ya que, aunque resulta en un primer momento una afirmación ciertamente gratuita, la totalidad de los componentes del **ciclo hídrico** han participado, en ocasiones como indiscutibles protagonistas, en muchas películas.

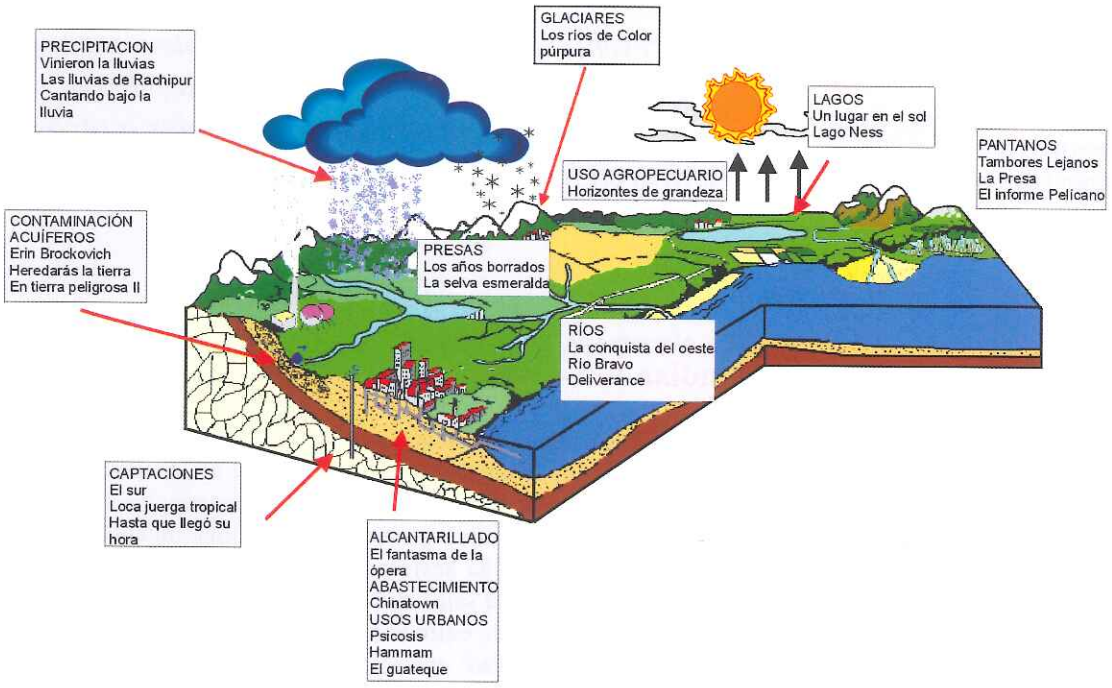
Así las precipitaciones –lluvia y nieve– han sido instrumentos de destrucción masiva, los ríos han constituido el escenario de numerosas aventuras, los lagos están indisolublemente asociados al misterio, las marismas y humedales suponen un agobiante decorado para combates y las aguas subterráneas quedan como solución para una sequía, uso terapéutico o excusa para una contaminación, siempre tóxica. También se ha utilizado toda la infraestructura asociada a la gestión de las aguas, superficiales o subterráneas, como son los embalses, captaciones o el alcantarillado de las ciudades ¿Y por qué no incluir en esta selección de películas todas aquellas en las que se muestra la utilización urbana del agua? ¿Quién no ha visto películas con saunas, jacuzzis, baños, duchas, servicios y piscinas?

Inicio del ciclo. Aguas pluviales y superficiales

La lluvia : no sólo moja

Las precipitaciones, principalmente la lluvia, han ambientado numerosas escenas en las que forman un componente más de la historia, como el jugueteo de Gene Kelly con los charcos en la más conocida escena de ***Cantando bajo la lluvia*** (S. Donen, 1952). Permiten definir nuevas sensaciones ante un mismo

paisaje, con cambios en la luz y en otras propiedades ópticas, matices que se captan con el trabajo de fotografía; también permiten recrear ambientes opresivos, así las cortinas de agua suponen un auténtico muro desapareciendo la profundidad de campo visual y, por último, influyen en los personajes, tanto



Ciclo hídrico-fílmico.

en su indumentaria - incluso empleando los paraguas como recurso plástico (***La mirada de Ulises,*** T. Angelopoulos, 1995)- como en sus expresiones: ¿se imaginan la inolvidable escena de la muerte del androide ***Roy Batty*** (encarnado por Rutger Hauer) sin la lluvia recorriendo su agonizante rostro en la clásica ***Blade Runner*** (R. Scott, 1982) ? Ya lo dice su personaje : *".....y todos estos momentos se perderán como lagrimas en la lluvia... ".*

Asimismo la lluvia juega un papel importante en el argumento, ya que se utiliza como amenaza en películas sobre catástrofes a comunidades, como se describe más adelante, o simplemente como medio para enfermar a los personajes y ponerlos al borde de la muerte (***Sentido y sensibilidad***, A. Lee, 1995).

Los ríos : la autopista a la aventura

Los viajes fluviales, para los guionistas cinematográficos, son uno de los soportes más versátiles para el desarrollo de aventuras magníficas, vía de acceso a ese "rumbo a lo desconocido" que destilan sus historias. Son relatos, generalmente ambientados en otras épocas y lugares exóticos, con un doble aspecto: los protagonistas se enfrentan a grandes retos y a una necesidad de superación personal; cuando finalizan el viaje, ni ellos ni su vida será como antes. ¿Influyó en este concepto heroico la búsqueda del nacimiento del Nilo azul a finales del siglo XIX? Exploradores, pioneros y conquistadores, entre otros, tienen una cita con el río como autopista a la aventura.

Muestra de estas épicas aventuras son, entre otras, el combate con los piratas del río en el primer episodio de ***La Conquista del Oeste*** (H. Hathaway, 1962), las crónicas de los comerciantes estadounidenses en ***Más allá del Missouri*** (W.A. Wellman, 1951), la infructuosa huida Nilo abajo ante el despiadado Mahdi en un Sudán alzado (***Khartoum***, B. Dearden & E. Elisofon, 1966), las investigaciones de Poirot (***Muerte en el Nilo***, J. Guillermin, 1978), el patrio descenso de troncos (***El río que nos lleva,*** A. Del Real, 1989), el aguerrido comportamiento de Buster Keaton (***El héroe del río,*** B. Keaton y Ch. Reisner, 1928), el sacrificio de ***Lord Jim*** (R. Brooks, 1965), la fútil, pero necesaria, resistencia de los jesuitas ante los esclavistas portugueses en la irregular ***La Misión*** (R. Joffé, 1986) o el escenario de una épica batalla entre indios, confederados y unionistas (***Mayor Dundee,*** S.Peckpimpah, 1965). Sin embargo, las escenas más tópicas corresponden a las inacabables persecuciones en canoa de las películas de "indios" (***El último mohicano***, M. Mann, 1992; ***El paso del Noroeste***, K. Vidor, 1940) o las películas con casinos flotantes en los ríos del Viejo Sur estadounidense, especialmente en el Misssissipi (***Maverick,*** R. Donner, 1994; ***Magnolia,*** J. Whale, 1932 ; G.Sidney, 1951).

Pero también hay lugar para el espanto, así la naturaleza esconde rincones perdidos de la mano de Dios, con insospechados peligros, como los sufridos

por unos incautos campistas que, por falta de gallinas, son agredidos sexualmente por cazurros montañeses, mientras descienden el río Cahula en ***Deliverance*** (J. Boorman, 1972) o los engañados tripulantes del barco que navega por un ignoto lugar del Amazonas, con reminiscencias king-kongnianas, y que acaban participando, involuntariamente, *con todo su ser*, en la conservación de una inmensa ***anaconda*** en la película del mismo nombre (L. Llosa, 1997).

El segundo aspecto de estas películas, la transformación íntima y personal, puede estar catalizado por las adversidades que encuentran en su recorrido, así podemos asistir a la mutación de Humphrey Bogart de borrachín nihilista a esforzado patriota enamorado (***La reina de Africa,*** J. Huston, 1951), a la unidad de una familia en crisis (***The river wild***, C. Hanson, 1994), a la vuelta al redil de una díscola Marilyn (***Río sin retorno***, O. Preminger, 1954) o la aceptación del mensaje de Cristo y renuncia (temporal) por parte de un mercenario arrepentido (***La Misión,*** R. Joffé, 1986). Suelen ser transformaciones irreversibles, como el cambio de la infancia a la pubertad que muestra ***El río*** (J. Renoir, 1951), ambientada en la India, o algunos de los relatos de Mark Twain ambientados en los ríos del Sur estadounidense y las películas basados en ellos (***Las aventuras de Huckelberry Finn***, S.Sommers, 1993). Pero esta evolución no tiene porqué ser necesariamente buena; ejemplo de ello son el enloquecido Aguirre en su loco recorrido por el Amazonas (***Aguirre o la cólera de Dios,*** W. Herzog, 1972 ; ***El Dorado,*** C. Saura, 1988; ***Fitzcarraldo,*** W. Herzog, 1982) o la desesperanzada demencia del comerciante Kurtz en la novela de Joseph Conrad "*El corazón de las Tinieblas*", ambientada en el río Congo, y que fue transpuesta al Vietnam en guerra por un iluminado John Milius en la mítica ***Apocalypse now*** (F.F. Coppola, 1979). El recorrido de los personajes siguiendo el río se transforma en un viaje iniciático, como el Camino de Santiago; cuando los personajes concluyan su viaje ni ellos ni su vida serán como antes.

La actividad cinegética fluvial por excelencia, la pesca, también ha sido llevada al cine, bien como deporte de competición -***El rey del río*** (M. Gutiérrez Aragón, 1995) y ***El río de la vida*** (R. Redford, 1992)-, como afición (***MASH***, R. Altman, 1970) o como medio de vida, donde conservar el prestigio es fundamental, como le sucede al vendedor de artículos deportivos encarnado por Rock Hudson en la agradable comedia ***Su deporte favorito*** (H. Hawks, 1964).



Por último debe recordarse todas aquellas películas cuyos títulos han incorporado la palabra ***río***, generalmente en el Oeste norteamericano, aunque luego tan solo fuera una referencia geográfica o ni eso; ahí quedan las maravillosas películas del binomio John Wayne-Hawks en ***Río Rojo*** (1948) , ***Río Bravo*** (1959) y ***Río Lobos*** (1970) u otras como ***Río Conchos*** (G. Douglas,1964), ***Río salvaje*** (E. Kazan, 1960), ***Río Grande*** (J. Ford,1950).

Las cataratas, cascadas y rápidos: belleza en ocasiones mortal

Cuando la historia narrada en las películas se desarrolla en la cuenca de un remoto río, donde el hombre se enfrenta a los elementos o a otros hombres, las escenas se adornan con la aparición de una catarata, bien para guarecerse de los peligros en la oquedad existente tras la cortina de agua, o constituyendo el peligro en sí. Dentro del primer grupo se encuentran ***Los Inconquistables*** (C. B. de Mille,1947) o ***Parque Jurásico II*** (S. Spielberg, 1997), donde indios o dinosaurios ignoran esta cavidad ; pero no siempre ocurre así, ya que los malvados hurones dan con los protagonistas en ***El Último mohicano*** (M. Mann, 1992). Dentro de la segunda categoría se pueden citar ***La Misión*** (R. Joffé, 1986), donde algunos de los codiciosos portugueses reciben su merecido o ***La conquista del Oeste*** (H.Hathaway, J. Ford y G. Marshall,1962) en la que parte de la familia protagonista, los Prescott, fenece víctima de unos rápidos; también supone el medio para mostrar un nuevo *gadget* en una de las películas de James Bond (***Moonraker***, L. Gilbert, 1979).

Pero sin duda, la película cuya catarata es el principal escenario de la película es ***Niágara*** (H. Hathaway, 1952), lugar de turismo de recién casados,

como Mallorca durante los felices sesenta, donde se sucede una espiral de asesinatos en una compleja historia de adulterio y muertes, destacando una pérfida y provocadora Marilyn Monroe.

No puede finalizarse este apartado sin mencionar el uso de las hermanas pequeñas de las cataratas, **las cascadas**, como duchas naturales en un paisaje, generalmente idílico. Lejos queda aquel **anuncio de Fa y sus *limones* del Caribe** (los de la rubia, *of course*), primer anuncio con top-less de la historia de la televisión española. De la misma manera, todos los chapuzones muestran los cuerpos desnudos de los protagonistas, o, al menos, se intuyen; buena muestra de ello son: el arquero Kevin Costner (***Robin Hood, principe de los ladrones***; K. Reynolds, 1995), el astronauta Charlton Heston (***El planeta de los simios***, F.J. Schaffner, 1968) o Jessica Lange haciendo las delicias de un bestial ***King Kong*** (J. Guillermin, 1976) en celo.

Los puentes: no sólo existe el de Semana Santa

Al igual que las cataratas, los puentes suponen una peculiaridad en las películas asociadas a cursos fluviales. En estas películas el río no tiene importancia; es el puente, la obra de ingeniería, el protagonista. Su existencia es necesaria para poder proseguir un recorrido, pero también para salvar un obstáculo de otro modo infranqueable; es por ello que muchos de los filmes que hacen referencia a los puentes son bélicos, en las que el objetivo es destruirlos o conservarlos, según se mire. No obstante también suponen en punto de cita en películas de corte más romántico; ejemplo de ello son ***El puente de Waterloo*** (M. Le Roy, 1940) , ***Los amantes del Pont Neuf*** (L. Carax, 1991), ***Todos dicen I love you*** (W. Allen, 1996) o la ya clásica ***Los puentes de Madison*** (C. Eastwood, 1995). También son conocidos por actividades menos agradables: suicidios, asesinatos o para deshacerse de pruebas incriminatorias (***Los intocables de Elliot Ness***, B. de Palma, 1987; ***Locos en Alabama***, A. Banderas, 1999).

Las películas bélicas están guionizadas casi siempre desde el punto de vista del vencedor, esto es, estadounidenses o británico. Existen, no obstante, notables excepciones: ***El puente*** (B. Wicki, 1959), film austriaco donde unos novatos germanos deciden resistir, sin esperanza, el imparable avance de las tropas aliadas. Sin duda merece una revisión.

Los teatros bélicos donde se sitúan corresponden a la WWII en Europa (***El puente de Remagen***, J. Guillermin, 1969 ; ***Un puente lejano***, R. Attemborough, 1977) o Asia (***El puente sobre el río Kwai***, D. Lean, 1957; ***El regreso al puente sobre el río Kwai***, (A.V. McLaglen, 1988) y también en la Guerra de Corea (***Los puentes de Toko-Ri***, M. Robson, 1954).



Los lagos: un tenebroso lugar nos acecha

¿Que es un lago para el mundo del cine? La respuesta a esta pregunta, puede resultar, cuanto menos, inquietante.

Primeramente, los lagos suponen el escenario idóneo para el asesinato alevoso, favorecido, sin duda, por esa sensación de soledad, recogimiento e intimidad que desprende el paisaje lacustre. Montgomery Clift (***Un lugar en el sol***, G. Stevens, 1952) o Gene Tierney (***Que el cielo la juzgue***, J.M. Stahl, 1945) emplearon tan idílico lugar para deshacerse de molestos vínculos familiares. También puede ser el escenario de la venganza sangrienta y meditada, por parte de una madre iracunda, cuyo hijo murió por el descuido de unos monitores de campamento, entregados a actividades más placenteras (***Viernes 13***, S. Cunningham, 1980). La superficie cristalina del lago puede transmitir la sensación de ser una ventana a otro mundo o al inframundo; así las fechorías de la madre quedan reducidas a una labor becarial al resucitar su desafecto hijo Jason y protagonizar las interminables secuelas (¡y van 10!).

Un concepto menos sanguinario y más místico, procedente del mundo celta, emana de películas como ***Excalibur*** (J. Boorman, 1982) donde la Dama del lago, un espíritu del agua, custodia la espada mágica; en ***Water Ghost*** (E. Sung, 1998) otro espíritu lacustre ayuda a superar los problemas familiares de una chica.

También los lagos son el hervidero, cual líquido primordial de los albores de la vida, de extraños seres, a cual más monstruoso. Además del tópico y cada vez más inocente Nessie (***Lago Ness***, J. Henderson, 1995) o cualquier familiar suyo (***Magia en el agua,*** R. Stevenson, 1995), puede hallarse en el Amazonas a un libidinoso eslabón perdido, aspirante a tocador de señoras (***La mujer y el monstruo***, J. Arnold, 1954), ser mordido, en Norteamérica, por un cocodrilo gigantesco (***Mandíbulas***, S. Miner, 1999) o acosar a jovencitos de vacaciones (***La bestia***, R. Huber, 1988). Claro que siempre puede socorrernos Johnny Weismuller, para combatir con el cocodrilo, escena que se repetía en casi todos los filmes de ***Tarzán***.

Por último, los lagos son empleados como ambientación de dramas familiares como el reencuentro familiar, delante y detrás de la pantalla, del clan Fonda (padre e hija) ***En el estanque dorado*** (M. Rydell, 1982).

Los pantanos y marismas: un hostil entorno

Son ambientes empleados por los cineastas para ofrecer un lugar exótico al espectador, además de mostrar un ambiente generalmente hostil para el protagonista, rodeado de peligros. Los humedales y pantanos que el cine americano más ha retratado son los de la Luisiana y los "everglades" de Florida.

De naturaleza desbordante, la frondosidad de su vegetación y la variedad de sus animales crea una atmósfera que atenaza y en ocasiones asfixia al espectador. Cualquier paso en falso puede hundirte en arenas movedizas (***Tambores lejanos***, R. Walsh, 1951). La belleza de la flora y fauna de los pantanos de la Luisiana fueron captados con el mágico ojo de Robert Flaherty, el creador del cine documental, en ***Louisiana Story*** (1948). Sin embargo el mundo del cine prefiere a sus habitantes más peligrosos: caimanes, serpientes venenosas (***Muerte en los pantanos***, N. Ray, 1958) y en especial los *animales* de dos patas, desde el monstruoso personaje de cómic ***La cosa del pantano*** (W.Craven, 1982) a los concienzudos cajunes que diezman a una patrulla de domingueros de la Guardia Nacional en ***La Presa*** (W.Hill, 1981), llevándose la palma como implacables enemigos los indios semínolas de los pantanos de Florida, enfrentados a Gary Cooper en ***Tambores Lejanos*** o sufriendo el vil engaño de unos anglosajones despreciables, como el padecido por el mítico Osceola (Anthony Quinn) a manos de algunos traicioneros oficiales del ejército estadounidense en ***Traición en Fort King*** (B. Boetticher, 1953), uno de los primeros alegatos en favor de las Naciones Indias. También en la filmografía hispana aparecen éstos, así en ***Cabeza de Vaca*** (N. Echevarría, 1991), se escenifican las aventuras del conquistador del mismo nombre, que dejó escritas en su obra *Naufragios*. Pero también hay sitio para el mito, como el fantástico árbol que quiere encontrar Montgomery Clift en ***El árbol de la vida*** (E. Dmytryk, 1953).

El cine, políticamente concienciado, no olvida que pantanos y marismas son ecosistemas frágiles, en riesgo de desaparición ante la voracidad del progreso y la especulación, como muestra ***El Informe Pelícano*** (A.J. Pakula, 1993).

Pero no solo hay pantanos en el planeta Tierra. Lejos de la Vía Láctea un lóbrego pantano es empleado como retiro espiritual por Yoda en ***El Imperio Contrataca*** (I. Kershner, 1980) y otro recibe una visita inseperada, la nave de Mark Walbherg en la revisitada ***El planeta de los simios*** (T. Burton, 2001).

Al igual que las cataratas, los puentes suponen una peculiaridad en las películas asociadas a cursos fluviales. El río no tiene importancia, es el puente, la obra de ingeniería, el protagonista

Catástrofes catastróficas (o como las lluvias, ríos y presas son más peligrosas que un mono con una navaja)

El agua forma parte, según los clásicos, de los cuatro elementos primigenios, junto al aire, fuego y tierra. Y en su naturaleza, como fuerza indómita, se encuentra un poder destructivo que ha empleado recurrentemente el cine denominado *catastrófico*.

¿Cómo ve el cine a estas fuerzas destructoras? Como un poder implacable dotado de infinitos aspectos para causar el mal : lluvias torrenciales, inundaciones apocalípticas, desbordamientos de ríos o roturas de presas, nada alejado de la más aterradora realidad como las periódicas inundaciones de Mozambique o de Centroamérica. Y no se debe olvidar su versión de alta montaña: los aludes; ejemplos de ello lo sufren los habitantes de un pequeño pueblo sepultado a causa de una irresponsabilidad de un equipo aéreo de salvamento ***(Flight to Ashiya,*** M. Anderson, 1964) o está a punto de sufrirlo, por venganza, una universidad demasiado endogámica (***Los ríos de color púrpura***, M. Kassovitz, 2000).

No obstante, y para darle más emoción, si cabe, es habitual combinar estos fenómenos con otras catástrofes, dando la razón al viejo dicho de que *las desgracias nunca vienen solas* y si no que le pregunten a Tyrone Power o Richard Burton en ***Vinieron las lluvias*** (C. Brown, 1939) y su segunda versión ***Las lluvias de Rachipur*** (J. Negulesco, 1955), ingenioso cocktail de lluvias torrenciales, terremotos e inundaciones.

Las inundaciones son la consecuencia lógica y devastadora de la catástrofe hídrica; existen dos enfoques a la historia: el final más o menos feliz o la hecatombe total. El primero es, generalmente, el más común, aunque a los protagonistas se les hace pasar *las de Caín,* con inundaciones parciales, la ruina y rescates in extremis de algún familiar desaparecido que a su vez, buscaba al recalcitrante abuelete senil que no quiere ser evacuado (***Cuando el río crece,*** M. Rydell,1984; ***La ira de un río,*** B. Pittman, 1997). El segundo enfoque suele ser el elegido para llevar al público al borde del infarto como

culminación de otra catástrofe. Generalmente se emplea la amenaza de la rotura de una presa, cual espada de Damocles (***Superman,*** R. Donner, 1978), o recrearse en las funestas consecuencias (***Terremoto,*** M. Robson, 1974; ***Fuerza 10 de Navarone***, G.Hamilton, 1978; ***Hard Rain;*** M.Solomon, 1998), pero con una imaginación desbordada se puede ir a más, desde un iceberg gigantesco cuya fusión puede inundar toda Europa (***Inundación***, S. Rothemund, 1996) hasta la total destrucción de nuestra civilización al fundirse los casquetes polares (***Waterworld,*** K.Reynolds, 1995). Pero estas hecatombes se quedan pequeñas ante la catástrofe por antonomasia: el Diluvio Universal (***La Biblia***, J. Huston, 1966).

Sin embargo, no todas las inundaciones, por catastróficas que resulten, han de resultar negativas para los protagonistas. La rotura de la presa de ***La Selva esmeralda*** (J. Boorman, 1985) supone el triunfo de la naturaleza sobre la decadente civilización que pretende aprisionarla; en ***Cuando ruge la marabunta*** (B. Haskin,1954) la destrucción del dique ocasiona la defunción de la plaga de hormigas antropófagas, para gozo de un mordisqueado Charlton Heston y de los pocos supervivientes, allá en el Amazonas y, por último, la voladura de una presa construida por malévolos moros filipinos para matar de sed a unos sitiados, permite la maduración del pueblo filipino como nación (***La jungla en armas,*** H. Hathaway, 1939).

Recientemente, algunas películas han tratado las repercusiones sociales de la construcción de una presa, desde los ocultos estudios previos (***Un lugar en el mundo***, A. Arastaraín, 1992) hasta la inmediatez del desalojo de la población (***Las huellas borradas***, E. Gabriel, 1999).

Las aguas subterráneas y el cine

Las captaciones de agua: de pozos de los deseos a pozos indeseables

Las captaciones o puntos de agua subterránea (pozos, fuentes y sondeos) deberían aparecer en el cine cumpliendo su función: suministrar agua para riego o abastecimiento humano y ganadero, o simplemente, saciar la sed del paseante. Sin embargo, en el complejo mundo cinematográfico, pocas veces ocurre algo tan sencillo si pueden asociarse a algún conflicto que, inevitablemente, finalizará en momentos violentos: en ***Hasta que llegó su hora*** (S. Leone, 1968) el pozo en disputa resulta el escenario de un tiroteo y del lucimiento de la belleza de Claudia Cardinale; junto a otro pozo un beduino es asesinado, sin mediar palabra, bajo la atónita mirada de Peter *Lawrence* O'Toole en ***Lawrence de Arabia*** (D. Lean, 1962) o también son parte importante en un drama rural australiano (***The well***, S.Lang, 1997).

Las inundaciones son la consecuencia lógica y devastadora de la catástrofe hídrica; existen dos enfoques a la historia: el final más o menos feliz o la hecatombe total

Pero también estas captaciones tienen otros usos, poco ortodoxos, llevados al cine. Tradicionalmente muchos visitantes de puntos singulares de aguas (lagos, fuentes o pozos) se sienten impelidos a arrojar monedas con el fin de solicitar algún deseo. Es común que en los filmes aparezcan *pozos de los deseos*, donde acuden también los enamorados, sin embargo estas monedas pueden ser recogidas por algún jovenzuelo sin escrúpulos (***Los Goonies***, R. Donner, 1985), para *concederse sus necesidades*. En ocasiones los pozos han sido destinados a misiones más desagradables, como ocultar a personas secuestradas, como en ***El silencio de los Corderos*** (J. Demme, 1991) o ***The well*** (L.Popkin, R.Rouse, 1951), desconocida película en estos lares, donde un secuestro se ve condimentado con tensiones raciales en el sur estadounidense.

Por último recordar una película en la que aparece un sondista trabajando con su perforadora, ***Malas tierras*** (T. Malick, 1973) donde es víctima del asalto de un simpático asesino psicópata y su ingenua novia.

Los manantiales: una ventana, a veces trágica, a los acuíferos

La función de las fuentes, lúdica y de abastecimiento, al igual que las captaciones de agua, es mostrada por la cinematografía, aunque *a su manera*. Así ***El manantial de la doncella*** (I. Bergman, 1960) empieza a brotar tras un horrendo crimen sexual, allá en la Suecia de la Baja Edad Media; ***El manantial de las colinas*** (C. Berri, 1986) es motivo de disputa y muerte.

Sin embargo, no todo es drama y tragedia. Los oasis, de desierto o de montaña, asociados a la surgencia de aguas subterráneas, aparecen en los films cumpliendo su función de abastecimiento (***Los diez mandamientos***, C.B. de Mille, 1956) alcanzando en ocasiones una función agradablemente lúdica (***Paradise***, S.Gillard,1982).

También las surgencias en medio carbonatado, en realidad los conductos kársticos que las originan, son empleadas como vía de escape de los acorralados protagonistas. Ello ocurre con Quatermain y compañía para huir de ***Las minas del rey Salomón*** (C.Bennet y A. Marton,1950), en realidad, una cueva kárstica, o los intrépidos vikingos amigos de Antonio Banderas en la no bien ponderada ***El guerrero nº 13*** (J. MacTiernan, 1999).

Los balnearios: una ventana a una época pasada

Los antiguos balnearios, centros de la *Gente guapa* de finales del siglo XIX y principios del XX, con su lujo y esplendor, ha permitido ambientar historias y tramas entre los personajes pertenecientes a la alta sociedad del lugar (***El balneario de Battle Creek,*** A. Parker, 1994) u ***Ojos negros*** (N. Mikhailov, 1987). Sin embargo son películas cuya historia tienen poca relación con el tema terapéutico y recuerdan más a películas del subgénero, llamémosle, *residencial u hotelero*, como

son ***Hotel internacional*** (A. Asquith, 1963), ***Gran Hotel*** (E. Goulding, 1932) o las archiconocidas y casposas series televisivas de ***Vacaciones en el mar*** y ***Hotel***.

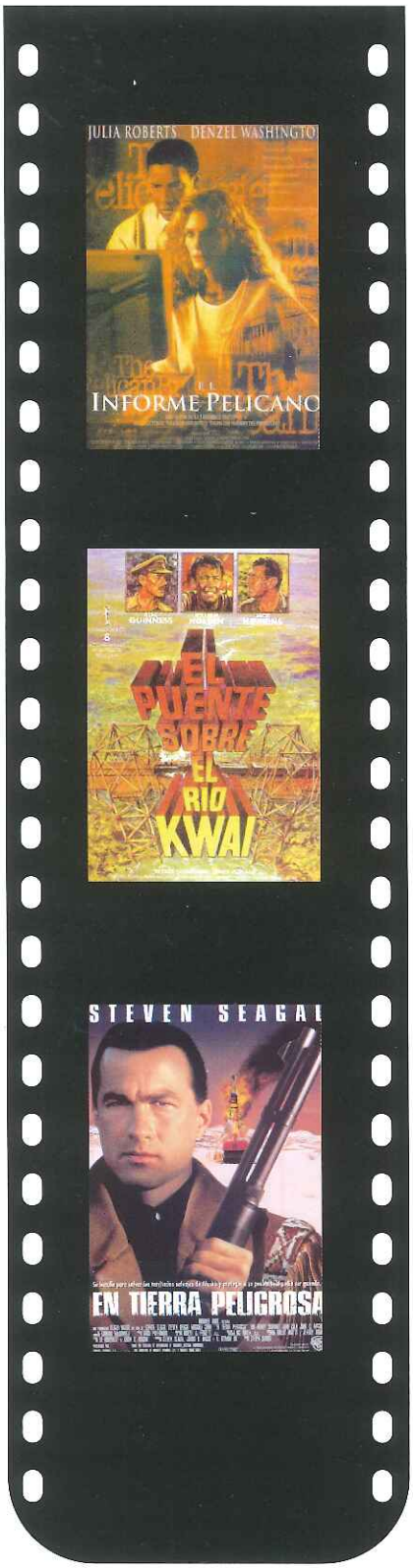
Las aguas embotelladas: el oro incoloro

Según la legislación española como aguas envasadas se consideran las aguas minerales naturales, aguas de manantial y aguas potables preparadas. En general son aguas bacteriológicamente sanas que tienen su origen en un acuífero. Aunque la rivalidad entre marcas siempre es mercantil, en ***Loca juerga Tropical*** (D. Clement, 1985), lamentable título español de la desmadrada comedia ***Water***, se relata como en una olvidada isla del Caribe, en tránsito a una independencia no querida, con su guerrilla revolucionaria cutre y todo, se descubre en una perforación de investigación petrolífera algo de más valor que el oro negro o el gas: aguas minerales con idénticas propiedades de una marca francesa, que al enterarse, deciden tomar medidas contundentes y a la postre, infructuosas. En ***El Coleccionista de amantes*** (G. Fleder, 1997) un sospechoso describe una afición de los millonarios japoneses: cortar un trozo de iceberg y remolcarlo por el océano hasta las islas para extraer su agua y comercializarla por su *máxima pureza.*

La búsqueda del agua: de la herejía a la santidad

En el mundo del cine la metodología científica en el campo hidrogeológico no interesa. Eso de los electrodos, de *extender las alas*, del reconocimiento geológico, de la fotogeología, o de medir niveles piezométricos no les resulta demasiado atrayente; para el profano, eso de sacar agua es algo mágico. Por ello los cineastas añaden un cierto *toque de misticismo*, aunque sea con boina.

Los zahoríes, expresión máxima de la *herejía* en hidrogeología, han sido retratados con gran precisión en la magnífica ***El sur*** (V. Erice, 1983). En una de sus escenas-cumbre, de bella plasticidad, el *marcado de un pozo* al amanecer, se advierten todos los tópicos propios de esta actividad: el péndulo, una escenificación ritual y, sobretodo, unos parroquianos crédulos. Sin embargo, bajo toda este barniz de superchería puede encontrarse la simple aplicación del conocimiento adquirido por la observación: así en ***Un lugar muy lejano*** (M. Salomon, 1993) un bosquimano encuentra agua en el desierto del Kalahari, y sin varita o péndulo; igual ocurre con el protagonista de ***La Balada de Cable Hogue*** (S. Peckimpah, 1970), que, abandonado en un desierto del Far West y casi muerto de sed, descubre la única surgencia en muchas millas a la redonda lo que le permitirá prosperar en el negocio de las "áreas de servicio" para diligencias. Pero también los santos pueden descubrir una fuente, por supuesto, milagrosa, como la de Lourdes en ***La Canción de Bernadette*** (H. King, 1943), Santa que, *por sus logros*, debería ser la patrona de los hidrogeólogos.



La utilización de las aguas (sector agrario, urbano e industrial)

Este agua es mía

Las confrontaciones por la posesión del agua es uno de los argumentos más repetidos del cine *hídrico*. Hollywood los ha situado en lugares fronterizos, donde la ley es más flexible o inexistente, como el Lejano Oeste, en los que oligarcas ganaderos sin escrúpulos asedian a pobres granjeros con total impunidad.

El paradigma de estas películas lo constituye ***Horizontes de Grandeza*** (W. Wyler, 1958) o como la inevitable Ley de Murphy siempre se cumple: cuando dos familias ganaderas se enfrentan por el uso de un río, reciben unos terceros, en este caso un despistado Gregory Peck y una ingenua Jean Simmons. También el cine patrio ha dado películas sobre el tema, en ***Orgullo*** (M. Mur Oti, 1963) dos familias en litigio por la utilización del agua, pretenden hacer un matrimonio pero la sequía los enfrenta.

La posesión de un bien escaso y los pingües beneficios que de su explotación pueden obtenerse lleva al ser

humano a la codicia y a otro terrible pecado capital, el asesinato; así lo sufre el pobre Dépardieu en el díptico de Claude Berri ***El manantial de las colinas*** y ***La venganza de Manón*** (1986), el infortunado guía árabe de T.E. Lawrence en ***Lawrence de Arabia*** (D. Lean, 1962) o el honrado concejal de Los Angeles, asesinado por descubrir que el agua para abastecimiento se desviaba para regar frutales en la magnífica ***Chinatown*** (R. Polanski, 1974). También en la obra cumbre de Sergio Leone, ***Hasta que llegó su hora*** (1968), un emigrante irlandés, gracias a un *pelotazo*, perfora un pozo enmedio de la nada, por donde discurrirá un trazado ferroviario, lo que ocasiona su asesinato y el de su familia, sin atender a sexo o edad, por parte del codicioso Frank (Henry Fonda), un villano sin mácula. Afortunadamente, un adecuadamente hierático Armónica (Charles Bronson en el papel de su vida) desbaratará sus planes, brindando a los espectadores el mejor y más bello duelo jamás rodado. Pero este afán acumulador no se circunscribe a nuestro mundo y alcanza el espacio, más allá de nuestro sistema solar : es el bien más preciado por los nativos del planeta Arrakis en la mística ***Dune*** (D. Lynch, 1984) y por el que roban y matan en la olvidada ***Guerreros del Espacio*** (S.Raffill, 1984), cuyo título original- ***The ice pirates***- da más idea de su argumento.



El agua ¡peligro letal!

El agua es de naturaleza extremadamente frágil y de fácil contaminación, los desastres ecológicos de Aznalcóllar, del Danubio, del delta del Níger o de los ríos siberianos dan fe de ello, aunque este martilleo de noticias es cada vez más frecuente y pasa más desapercibido. Sin embargo ese conocimiento queda grabado en el subconsciente ¿serían capaces de beber un *chupito* de agua del Besós o del Tordera? ¿y se bañarían en el *aromático* río Segura a su paso por Murcia?

La contaminación, en aguas superficiales o subterráneas, da mucho juego en el cine, ya que contiene todos los componentes de un argumento clásico: villanos poderosos que perjudican a ciudadanos desvalidos, defendidos por un solitario héroe, que, como el David bíblico, acaba venciendo, aunque desgraciadamente, esto sólo ocurre en el Antiguo Testamento y en Hollywood. Un esquema no por muy repetido, menos exitoso. Son películas de temática violenta, ya que aunque no se produzca violencia física ¿no es la contaminación una agresión contra la vida de las personas, puesto que, más temprano que tarde, acaban sufriendo las consecuencias?

Los malos por excelencia son las industrias del sector químico (***Riesgos aceptables***, R. Wallace, 1986 ; ***Erin Brockovich***, S. Soderbergh, 2000; ***El vengador tóxico,*** M. Herz, Ll. Kaufman, 1985; ***Mutantes en la Universidad***, R. Haines, LL. Kaufman, 1986; ***El desierto rojo***, M. Antonioni, 1964 ; ***En tierra peligrosa II,*** F. Enriquez, 1997), pero también hay sitio en el ranking letal para el sector maderero (***Profecia maldita,*** J. Frankenheimer, 1979), de curtidos (***A civil action***, S. Zaillian, 1998) o el más clásico, el petrolero (***En tierra peligrosa***, S. Seagal, 1994; ***El informe Pelícano***, A. J. Pakula, 1993). Sin embargo, en ocasiones, es la propia comunidad la responsable de una contaminación que les afecta de manera sanitaria (***Heredarás la tierra***, J. Moorhouse, 1997) o económica (***El enemigo del pueblo***, G. Schaeffer, 1977). En esta última, basada en una demoledora obra teatral de Henrik Ibsen, se puede ver el aspecto más mezquino de la sociedad; así el respetable Doctor de un balneario, pasa de ser el héroe local, al descubrir y alertar sobre la contaminación letal de sus aguas, a su peor enemigo, al intuirse la amenaza de cierre y la consiguiente ruina de la comunidad; ya se sabe, *siempre se mata al mensajero.*

En las películas se describe con detalle los efectos del contaminante sobre la fisiología humana, generalmente en mujeres y niños (***A civil action***, ***Erin Brockovitch***, ***En tierra peligrosa II***), alcanzando la hipérbole en películas de terror o parodias: fumar marihuana cultivada junto a una planta química puede ocasionar trastornos priápicos aderezados con vómitos verduzcos en la inclasificable ***Mutantes en la Universidad***, y el mercurio usado para la conservación de troncos puede alterar la genética de un oso transformándolo

en un monstruoso ser con un especial aversión por los excursionistas ruidosos (***Profecía maldita***; J. Frankenheimer, 1979).

¿Y como son los héroes ? Generalmente ecologistas abnegados, abogados o aspirantes a ello (***Erin Brockovich***), mutados justicieros (***El vengador tóxico,*** un ser deforme, vestido con un tu-tú y una fregona), ultraviolentos agentes de la Ley o técnicos como el desgraciado ingeniero de minas, acusado de intoxicar a la población de un país africano en ***Zona peligrosa*** (A. Eastman, 1996). En ocasiones la concienciación ecológica alcanza niveles de surrealismo berlangiano, así resulta curioso concepto de ecologismo *combativo* desarrollado por el *visionario* Steven Seagal en muchas de sus películas y en especial ***En Tierra Peligrosa*** (S. Seagal, 1994) y ***En tierra peligrosa II*** (F. Enríquez, 1997), no correspondiendo esta última a una secuela ya que este no es su título original, sin embargo, los protagonistas encarnados por Seagal en ambas (Forrest Taft o Jack Taggart) están cortados por el mismo patrón. ¿ Se los imaginan investigando el tema de Aznalcóllar ? ¿O muestreando el río Guadiamar ? ***En tierra peligrosa II*** tiene especial acierto en mostrar una contaminación directa de un acuífero al verter los residuos tóxicos a una sima, desde un helicóptero, con nocturnidad y alevosía.

También en estas películas se ha desarrollado un nuevo tipo de delincuencia, la de los terroristas del consumo. Basándose en los chantajistas que ponían restos de cristales en yogures y potitos, algunos felones pretenden contaminar el agua de los depósitos en ***H_2O señal de alarma*** (J. Bradshaw, 1995) instructivo telefilme para carreras delictivas desorientadas.

Todo lo que usted quería saber sobre los aseos y no se atrevió a preguntar

Los servicios o aseos en lugares públicos (estaciones de tren, autobuses, aeropuertos, museos, centros de enseñanza) además de su función habitual (***Plácido***, J. G. Berlanga, 1961) poseen otras facetas, inadvertidas por el público usuario, que las puramente funcionales.

El agua es de naturaleza extremadamente frágil, y de fácil contaminación, los desastres ecológicos de Aznalcóllar, del Danubio, del delta del Níger o de los ríos siberianos dan fe de ello

Han constituido un escenario idóneo para gags cómicos, como encerrar un tigre en los aseos del Retiro y ver que pasa (***To er mundo e güeno,*** M. Summers, 1982). Generalmente son gags con componentes escatológicos, ambientados principalmente en los servicios masculinos ¿será por la suciedad y mugre que los acompaña? ; así podemos ver a Austin Powers pelear con un asesino sentado en la taza y con los pantalones bajados, animado por su sorprendido vecino de retrete, que cree que sufre de estreñimiento (***Austin Powers, misterioso agente internacional,*** J. Roach, 1997). Sin embargo, resultan más hilarantes cuando contienen una cierta connotación sexual y más humillante resulta al protagonista, o ¿que puede pensarse de un desesperado ***Bean*** con los pantalones mojados por una salpicadura en salva sea la parte, en la película del mismo nombre (M.Harris, 1997) ? ¿Y de un Steve Martin pletórico, que comparte el control de su cuerpo con el espíritu de una mujer, mientras está orinando, en la magnífica ***Dos veces yo*** (C. Reiner, 1984)? Sin duda estos gags están asociados a otro de los tópicos que arrastran los servicios públicos: lugares de contacto para prácticas sexuales no mayoritarias. Un ejemplo de ello está a punto de sufrirlo un niño japonés en la delicada ***El verano de Kikujiro*** (T. Kitano, 1999) o son algunas de las particulares aficiones de una docente reprimida en ***La pianista*** (M. Hannecke, 2001).

No obstante, los servicios también tienen su lado oscuro: *una puerta los separa del exterior, estás aislado con desconocidos e incluso les das la espalda; todo ello mientras estás concentrado y, por ello, distraído de lo que ocurre a tu alrededor...* por ello no es extraño que en ellos se hayan ambientado actos de violencia con resultados funestos: los aseos de un Instituto de enseñanza media son escenario del correctivo que recibe un gamberro en ***El Rector*** (C. Cain, 1987), los de un cine acogen el fin sangriento de un espectador al inicio de ***Scream 2*** (W. Craven, 1997), los de un campamento de verano son utilizados para castigar contundentemente a una monitora tras cometer actos *impuros* (***Viernes 13,*** S. Cunningham, 1980), en un museo de Ciencias Naturales contemplan como un ser monstruoso devora a un vigilante nocturno dado al consumo de droga (***The Relic,*** P. Hyams, 1997) mientras que, por último, no consiguen ocultar a un abogado de un enfadado y hambriento dinosaurio, lo que arroja nueva luz sobre su extinción: una dieta desequilibrada y de dudoso gusto (***Parque jurásico***, S. Spielberg, 1993). También en ellos una conferenciante puede sufrir el acoso de un oyente ansioso y psicópata (***Copycat,*** J. Amiel, 1995) o producirse asesinatos bajo la atenta mirada de un ***Unico testigo*** (P. Weir, 1985).

Otro aspecto de los aseos tiene que ver con la sensación de recogimiento e intimidad que producen, generalmente en el lugar de trabajo. Gracias a ello se han transformado en el lugar favorito para los chismes y confesiones íntimas de varias series de televisión (***Periodistas***, ***Ally McBeal***) y algunas películas ; no obstante conviene mirar por debajo de las puertas antes de hacer chanzas sobre tu jefe (***Robocop***, P. Verhoeven, 1987) o comentar las próximas reducciones de plantilla (***Salir del armario***, F. Weber, 2001).

El aseo, sobre todo el particular, es, para muchos, una especie de lugar místico, de meditación y lectura, donde la taza es el pedestal del pensador. No obstante, el cine apenas ha esbozado este aspecto. En la olvidada ***La Quinta del Porro*** (F. Bellmunt,1980) un taxista se queda transpuesto ante el desespero de su pasaje, sin embargo la escena que mejor recoge esta *visión* tiene lugar en ***Arma Letal II*** (R. Donner, 1989): en

ella, el policía interpretado por Danny Glover pasa las horas más angustiosas de su vida sentado en la taza de su casa, con su revista de pesca favorita y los pantalones bajados, y todo por una bomba de presión situada bajo el asiento.

Una última observación : las tazas son el medio habitual empleado para deshacerse de drogas, sustancias psicotrópicas o pruebas incriminatorias, aunque conviene tirar dos veces de la cadena, o se puede acabar en una cárcel de Estambul (***Topkapi***, J. Dassin, 1964).

Las duchas, bañeras, jacuzzis y saunas: pasiones desenfrenadas

¿Qué se conoce del cuarto de baño de los protagonistas? Apenas nada. Se sabe que los personajes se afeitan o se asean en el lavabo, pero no se debe olvidar, que excepto en los filmes de Almodóvar (***Atáme***, 1990), a nadie se le ve emplear la taza, y mucho menos el papel higiénico ¿demasiado duro? ¿Y se imaginan a Tom Cruise aferrado a un tubo de *Hemoal*?

Aunque habitualmente el cuarto de baño se emplea para la higiene, en el cine no es un rincón cotidiano, como el recibidor o el trastero, sino que constituye la ventana a esa intimidad, generalmente física, de los protagonistas.

Este tabú cinematográfico se levanta con el uso de las duchas, jacuzzis y bañeras. Para el ciudadano de a pie, el que tiene uno o dos cuartos de baño en casa, la ducha es ese instrumento de aseo diario (o tal vez no, por los olores que se perciben en el transporte público) en el que uno se desespera buscando la temperatura adecuada mientras se achicharra o congela los pies. Sin embargo, para el cine es la excusa idónea para mostrar al espectador los cuerpos protagonistas, generalmente femeninos. Ello fue notorio en el cine español de la Transición, denominado ***de destape***, donde bañeras (***La Trastienda***, J. Grau, 1975) y palanganas (***La Lozana andaluza***, V. Escrivá, 1976) alimentaron las fantasias sexuales del españolito. Curiosamente, existe una profesión denominada *dobles de cuerpo*, que prestan su trasero y/o senos a ellos y ellas, bien porque los actores no quieren rodar desnudos, o porque están

Las piscinas pueden ser lugares peligrosos, donde se corre el riesgo de morir ahogado o, rizando el rizo, encontrarse con pirañas a régimen, a la espera de algún incauto que llevarse a la boca

fondones; hace unos años plantearon, a nivel sindical, el aparecer acreditados en los títulos como *El trasero de...* o *los pechos de....*, honesto pero, francamente surrealista.

En los baños suelen desarrollarse, películas X aparte, numerosos y fantásticos actos sexuales, solos o acompañados, en especial si se dispone de jacuzzi. Aunque se pueden citar cientos de filmes, destacan las veleidades onanistas de Kevin Spacey (***American Beauty***, S. Mendes, 1999) o de Victoria Abril con un muñequito de plástico a motor (***Átame,*** P. Almodóvar, 1990), el exhibicionismo accidental de Antonio Banderas (***Two Much,*** F. Trueba, 1996) o el completamente intencionado de Ruth Gabriel en ***Días Contados*** (I. Uribe, 1994), el voyeurismo que sufre una ciega Uma Thurman mientras se baña (***Jennifer 8;*** B. Robinson, 1992), el adulterio norteafricano de ***El paciente inglés*** (A. Minghella, 1996) o el nada disimulado acoso sexual que padece un esclavizado *Antonino* Curtis ante un desbaratado Lawrence Olivier, futura *reina* de Roma, en ***Espartaco*** (S. Kubrick, 1960), escena suprimida del montaje final, aunque recuperada para su versión íntegra. Y a falta de baño, siempre una se puede asear en la cocina, con una palangana, bajo la *atenta* mirada de Harrison Ford (***Único testigo***, P. Weir, 1985).

Sin embargo, esta no es la única utilización de tan limpio rincón. Y ello se debe a una película que marcó un antes y después en el uso de la duchas, ***Psicosis*** (A. Hitchcock, 1960), y a una escena, la del asesinato brutal de Janet Leigh ; como con las cabinas telefónicas tras ***La Cabina*** (A. Mercero, 1970), después de ver esta película, ducharse en un hotel siempre da repelús. Así muchas escenas con violencia se han desarrollado en el cuarto de baño: el niño ahogado por su padre en ***Al final de la escalera*** (P. Medak, 1980), las apariciones fantasmales de ***Lo que la verdad esconde*** (R. Zemeckis, 2000), la mano de Freddy Krueger surgiendo entre las piernas de una *ninfa* en ***Pesadilla en Elm Street*** (W. Craven, 1984) siendo el peor lugar para encontrarte con una ex-amante psicópata (***Atracción fatal***, A. Lyne, 1987) permitiéndote encontrar un *imaginativo* uso a las cortinas de la ducha. Pero esta violencia no tiene porqué ser contemporánea: una sauna de agua termal es usada en el medievo islandés como arma asesina en ***La venganza de los vikingos*** (H. Gunnlaugsson, 1988) del denominado *Sergio Leone islandés*.

También puede ser un lugar donde sufrir una electrocución, asociada al secador o a la radio, bien accidental, como el que sufre Mel Gibson en la reciente ***Lo que piensan las mujeres*** (N. Myers, 2001) o provocado, como el que están a punto de sufrir Michael Caine y una compañera en la Sudáfrica racista en manos de la brutal policía en ***The Wilby conspiration*** (R. Nelson, 1975).

La situación argumental cambía cuando las duchas son compartidas. Suelen aparecer en películas cuyas historias se desarrollan en lugares donde conviven un grupo de personas, de igual o distinto sexo: centros penitenciarios, colegios, internados y cuarteles. Las duchas femeninas de los centros educacionales ofrecen al espectador-voyeur *una buena ración de carne*, como ocurre al inicio de ***Carrie*** (B. De Palma, 1976), figurando casi siempre como el objetivo de jovenzuelos ardorosos (***Porky's***, B. Clark, 1981). Las escenas de duchas en cuarteles y presidios casi siempre han estado asociadas a la homosexualidad (***El expreso de medianoche***, A. Parker, 1978; ***Mi bello legionario***, M. Feldman, 1977) casi siempre forzada por una de las partes; conviene recordar en esas situaciones lo peligroso que resulta recoger una pastilla de jabón del

suelo. Prácticamente todas las películas de presidiarios que se precien contienen alguna de estas escenas (***Cadena perpetua***, F. Darabont, 1994; ***Fuga de Alcatraz***, D. Siegel, 1979) convirtiéndose en uno de los tópicos de este sub-género.

Las saunas masculinas también arrastran este tópico, especialmente si son turcas (***Hammam***, F. Ozpetek, 1997) o romanas (***Satyricon***, F. Fellini, 1968); sin embargo, el cine chino no parece sufrir este encorsetamiento argumental, así ***La ducha*** (Y. Zhang, 1999) relata una bella historia sobre la supervivencia de unos baños públicos y de la familia que los administra, metáfora de la transformación implacable y sin-marcha-atrás de la sociedad china y sus costumbres milenarias.

Las piscinas, o como transformar algo cotidiano en una rareza

Cuando se hace memoria de la aparición de una piscina en un filme, inevitablemente acude a la memoria el cuerpo inerte de William Holden flotando al inicio de ***El Crepúsculo de los Dioses*** (B. Wilder, 1950). La posesión de una casa con piscina (una olímpica, no una pequeñita de adosado) muestra un bienestar económico que excede al propio del ciudadano medio, por ello en las películas sus dueños suelen ser gente pudiente, desde nuevos ricos, como los de la piscina cubierta de ***El Guateque*** (B. Edwards, 1968), de turbios manejos (***Arma letal 2***, R. Donner, 1989; ***El nadador***, F. Perry, 1968), relacionados con el negocio del porno (***Boogie nights***, P.T. Anderson, 1997; ***El escándalo de Larry Flint***; M. Forman, 1996) o directamente capos mafiosos, estos dos últimos *gremios* casi siempre rodeados de voluptuosidades rubias de biquinis minúsculos y atributos mayúsculos. Pero también hay lugar para las piscinas públicas, entre otras donde una bella Juliette Binoche intenta olvidar sus tragedias (***Azul***, K. Kieszlowski, 1993) o donde un histérico Mr. Bean intenta recuperar su bañador ante los atónitos ojos de las niñas de un colegio en uno de los episodios inolvidables de ***Mr. Bean***.

La plasticidad del agua y la excusa que permitía aligerar de ropa a las bañistas jóvenes ardorosos aparte fueron



utilizadas por los musicales clásicos del periodo 1930 a 1950, con coreografías de Busby Berkerley; gracias a ellas, los espectadores conseguían evadirse del azote de la Depresión. La reina de este singular subgénero submarino del cine musical fue Esther Williams, con películas como ***Escuela de sirenas*** (G. Sidney, 1944), ***La hija de Neptuno*** (E. Buzzell, 1949) o ***La primera sirena*** (M. LeRoy, 1952).

Pero también las piscinas pueden ser lugares peligrosos, donde se corre el riesgo de morir ahogado (***El Arte de morir***, A.F. Armero, 2000; ***El protegido***, M. Night Shyamayan, 2000) o rizando el rizo, encontrarse con pirañas a régimen, a la espera de algún incauto que llevarse a la boca (***Piraña***, J. Dante, 1978).

No obstante, hasta ahora se han mencionado películas en las que el observador se encuentra fuera del agua, con una visión bidimensional. Sin embargo, la visión submarina, la tercera dimensión, también ha sido utilizada en el cine, sobre todo para ambientar escenas de tensión en estructuras inundadas, unas *piscinas accidentales*. En ***La aventura del Poseidón*** (R. Neame, 1972) y su copia espacial ***Alien Resurrección*** (J.P.Jeunet, 1997) los protagonistas deben bucear para superar un nuevo obstáculo en su desesperada carrera por la supervivencia; evidentemente, algunos de ellos se quedarán en el camino.

Y por supuesto, siempre queda la función lúdica, la de establecer relaciones, desde la conspiración (***La caida del Imperio Romano***, A. Mann, 1964), la seducción (***Cleopatra*** , J. L. Mankiewicz, 1963), el adulterio común (***La Piscina***, J. Deray, 1969) en Saint Tropez, a veleidades lésbicas (***Juegos Salvajes***, J. MacNaughton, 1998), superadas ampliamente por el patético ligoteo de Fernando Esteso en ***Pepito Piscinas*** (L.M. Delgado, 1978) glorioso documento sociológico de lo que piensan en realidad los españolitos cuando van a la piscina.

Alejándose de los remojones de los *merengues* en Cibeles o los *colchoneros* en la fuente de Neptuno, se debe recordar una de las escenas míticas de la cinematografía europea: el chapuzón de la turgente Anita Ekberg en la Fontana

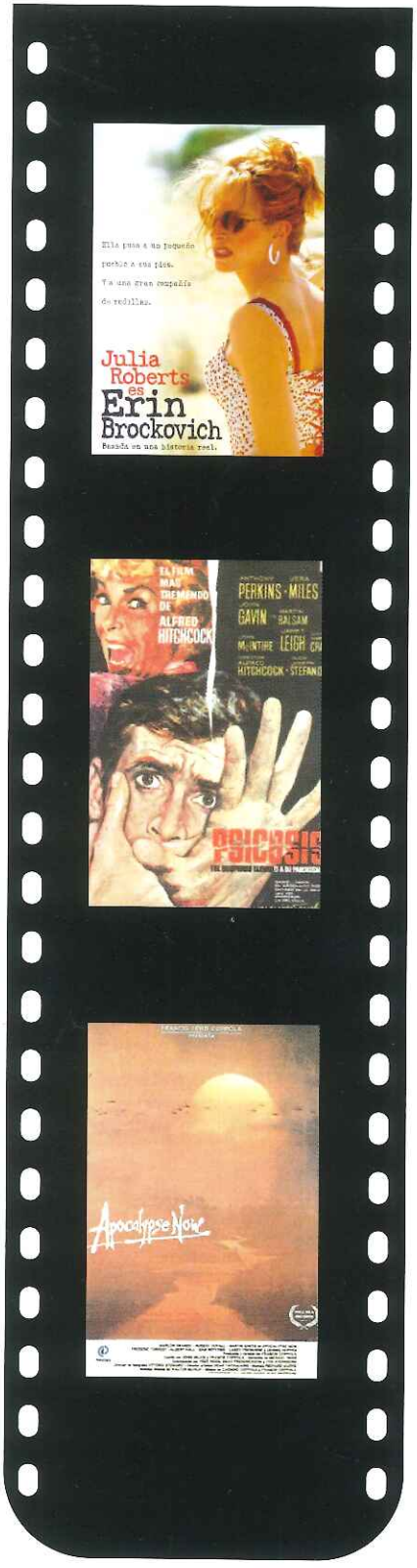
de Trevi, improvisada piscina de la clásica ***La dolce vita*** (F. Fellini, 1960).

Las cloacas y alcantarillas, templos paganos

Una cloaca, del latín *cloacam*, es, según el diccionario, "un conducto, generalmente subterráneo, por donde van las aguas sucias o inmundicias". Además la imagen mental que se tiene de ellas es la de un lugar húmedo, lóbrego, sucio, oscuro, maloliente e insano, plagado de ratas, a la que poca gente le apetece visitar. Y más subliminalmente, debido a su subterraneidad, se asocia al inframundo...¿que tipo de personas o criaturas lo morarán ? aunque se pueden encontrar honrados trabajadores del Ayuntamiento o encantadores seres deformes como el protagonista de la serie de TV ***La Bella y la Bestia***, lo más fácil será encontrarse con presos en fuga (***El expreso de medianoche,*** A.Parker, 1978), patosos ladrones de bancos (***Rufufú a la americana***), amargados y deformes compositores, que aprovechan la sorprendente sonoridad del alcantarillado (***El fantasma de la Opera,*** R. Julian, 1925 ; A. Lubin, 1943 y T. Fisher, 1962), cocodrilos con malas pulgas (***La bestia bajo el asfalto,*** L.Teague,1980), alienígenas ninfomaníacas (***Species,*** R. Donaldson, 1995) o espectros alevosos (***Cazafantasmas II,*** I. Reitman, 1989). Sin embargo, la cloaca más famosa del cine es la de Viena (donde no sólo hay panecillos), en la que se oculta Harry Lime (Orson Welles), un desalmado estraperlista que no duda en comerciar con penicilina caducada durante la posguerra (***El Tercer Hombre,*** C. Reed, 1949). La persecución final por sus conductos constituye además un clásico de los hostigamientos fílmicos, tanto que su autoría ha sido puesta en duda; ya se sabe, *quien con genios trabaja, sin reconocimiento se queda.*

Epílogo

El agua, como elemento indispensable para la vida, siempre tiene una participación en el Séptimo Arte, aunque su importancia está condicionada por la historia narrada.



Gracias al cine se descubre el sinfín de usos no ortodoxos que puede tener el agua y todo lo relacionado con ella, a poco que se tenga imaginación

Puede ser una sencilla figurante o actriz de reparto, como parte de la ambientación o de actividades propias de los personajes: beben, se duchan, se asean, nadan, pasean junto a un estanque o un río, se van de excursión, lavan el coche, tiran de la cadena, abren el paraguas, esquían y un sinfín de ocupaciones que precisan de su concurso, y que sin embargo no tienen relevancia en la historia.

En otros casos, los menos, llega a ser una actriz secundaria o incluso una de las protagonistas: Lo atestiguan algunos de los títulos, que incorporan sustantivos como "lluvias", "inundaciones" o "río". Su participación, entonces, tiene gran importancia: es capaz de dar una réplica adecuada al elenco principal, robándoles su protagonismo y ejerciendo uno de los papeles más agradecido para cualquier actor: el de villano.

Gracias al cine se descubre el sinfín de usos no ortodoxos que puede tener el agua y todo lo relacionado con ella, a poco que se tenga imaginación. Así, entre otros, los pozos, ríos, lagos y pantanos son más de lo que parecen, son causa de conflictos, el camino de los aventureros o lugares donde se ocultan extraños seres; una cloaca se transforma en un auditorio y las duchas son escenarios de alevosos crímenes.

La imagen del agua dulce en el cine es fiel reflejo del concepto-la cultura del agua-que tiene de ella la comunidad y su evolución estará marcada por los cambios de la sociedad.

El riesgo de automedicarse



Oficina de Morgan Stanley en Madrid.

Aunque es una costumbre del todo desaconsejable, todos hemos caído alguna vez en la tentación de automedicarnos ante los síntomas de una gripe aguda, un dolor de estómago esporádico, una torcedura leve. Incluso, en algunos casos, este osado ejercicio se extiende más allá de lo rutinario; quien no extrapola los remedios de aquella antigua bronquitis, los esguinces de una mala caída de esquí, o los consejos de un pariente cercano.

Sin embargo, todos ponemos freno a este juego cuando los síntomas son confusos, cuando la situación no cambia, los dolores son agudos o la materia compleja. Entonces nadie duda en acudir al especialista, en buscar el mejor, en pedir distintas opiniones. Y nos confesamos en la consulta detallando todos nuestros síntomas, hasta los más nimios e incluso los colaterales, describiendo íntegro nuestro historial médico y remontándonos, incluso, a episodios de la niñez sin relevancia alguna. Por último, el médico especialista emitirá un diagnóstico y nos pondrá un tratamiento que nadie osará eludir. Y así debe ser.

Aunque jerárquicamente la gestión de nuestro patrimonio debe situarse en niveles muy inferiores a los referentes a la salud, seguir pautas contrarias a las descritas anteriormente es un fenómeno, cuanto menos, curioso. Máxime si consideramos que pueden estar en juego cuestiones como alcanzar el nivel de vida deseado en la jubilación, ofrecer unos estudios superiores a nuestros hijos, planificar adecuadamente una herencia o comprar nuestra vivienda.

En el mundo de las inversiones, la internacionalización de los mercados y la globalización de las economías, las campañas comerciales, añaden cada día mayores dosis de sofisticación y complejidad. De ahí que los productos, los sistemas de gestión, las herramientas, en fin, el abanico de posibilidades, evolucione de forma constante y paralela, fruto de los enormes recursos y equipos que las entidades especializadas les dedican.

Sin embargo, en materia de inversiones continuamos automedicándonos sin límite, siendo reacios a la ayuda de un especialista, ocultando, llegado el caso, información que tan sólo puede perjudicar el tratamiento, es decir, la consecución de los objetivos que persigamos

Las razones que subyacen, sin duda, tienen relación con aspectos culturales y socieconómicos, pero, los resultados negativos de este ejercicio se han puesto de manifiesto en estos últimos y difíciles años, con consecuencias excesivamente dolorosas para las que, en algunos casos, no hay vuelta atrás.

Los mercados de hoy no son los de hace tres años ni los de hace cinco, y tampoco los sistemas de gestión, las posibilidades, los vehículos. Si la situación de sus inversiones no es la deseada, si está asustado ante el nivel de riesgo que asume o si ha registrado una pérdida patrimonial no prevista que desestabiliza sus finanzas; si, en definitiva, necesita ayuda, acuda al especialista.

El asesor financiero no es más, ni menos, que la persona que dedicará su tiempo, conocimientos y recursos al análisis de los síntomas y condiciones particulares (situación financiero-fiscal, perfil de riesgo, horizonte temporal) para, mediante los métodos y equipos más avanzados y eficientes, ofrecer el diagnóstico y el tratamiento óptimo (estructura de inversión recomendada) y llevar a cabo un minucioso seguimiento de nuestra evolución (gestión activa, revisión y ajustes).

Ser rigurosos en la elección, contrastar opiniones, pedir recomendaciones es, de cualquier modo, un buen consejo para ponernos en las mejores manos, pero el mismo rigor y honestidad debemos aportar al proceso ya que, de otra forma, la consecución de los objetivos siempre dependerá, en alguna medida, del azar.

Carmen Cavero
Directora de Desarrollo de Negocio
Morgan Stanley

Guía geológica del Parque Natural de Monfragüe

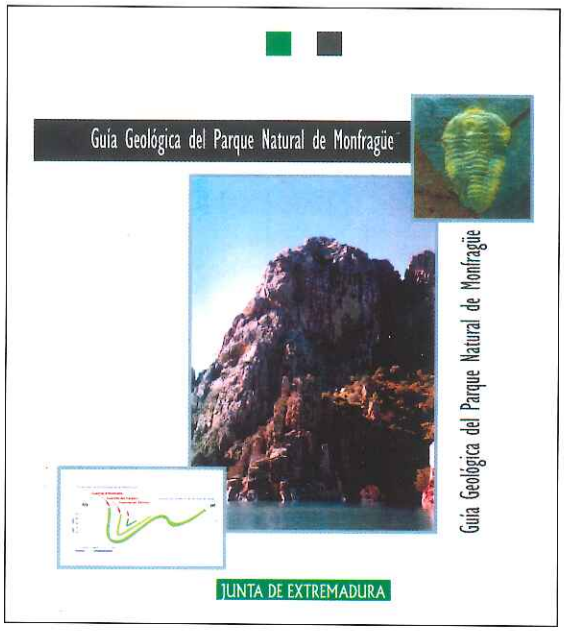
A mediados del presente año la Dirección General de Medio Ambiente de la Junta de Extremadura publicó el libro titulado "Guía Geológica del Parque Natural de Monfragüe", cuyos autores son P. Gumiel Martínez (IGME; Univ. de Alcalá de Henares), R. Campos Egea (CIEMAT), M. Segura (Univ. de Alcalá de Henares) y V. Monteserín (IGME). Han actuado como colaboradores Alfonso Mora Peña (IES "El Brocense") y F. Fernández de la Llave (Demarcación de Carreteras en Cáceres).

La Guía Geológica, casi un centenar de páginas comienza como una presentación a cargo del Director General de Medio Ambiente, donde se esbozan las ideas educativas y de sensibilización ambiental sobre las que se apoya la edición; le sigue una breve introducción con apuntes, entre otros, de los objetivos del libro, la historia de la investigación geológica en la zona, etc., así como un repaso somero al índice; en el apartado de agradecimientos se destaca la colaboración de otros científicos del IGME, del CSIC, del personal del Parque Natural de Monfragüe y de varios geólogos extremeños.

A continuación la Guía entra en materia, comenzando con la descripción del Parque, sus límites fisiográficos y figuras legales de protección, finalizando con un repaso básico de sus valores ecológicos y paisajísticos. El siguiente capítulo (Dominios Geológicos) sintetiza y encuadra la geología a nivel regional (Zona Centro-Ibérica) y local (materiales pre-ordovícicos, post-cámbricos y de cobertera).

En "Estratigrafía y Medios Sedimentarios" se estudian dichos aspectos en el contexto geológico predefinido a nivel local en el capítulo anterior. Una detallada columna estratigráfica sirve de apoyo a la hora de estudiar los Alogrupos Domo-Extremeño e Ibor, facies detríticas del Tommotiense, la Cuarcita Armoricana, las Capas Pochico, las Pizarras Río (donde apareció un ejemplar completo de un trilobite del género Neseuretus), las Cuarcitas del Caradoc, las Pizarras de Villarreal de San Carlos, la Cuarcita del Criadero, las pizarras negras (ampelíticas y grafitosas) con varios géneros de graptolites y un sill diafásico interestratificado. Los denominados "materiales de cobertera" están depositados durante el Terciario y Cuaternario, ambos de facies exclusivamente continentales. Finaliza este capítulo con un apartado relativo a los medios sedimentarios y el registro fósil, donde se definen tres grandes ciclos transgresivo-regresivos, todos ellos ordovícicos, y los fósiles propios de ambientes marinos someros (trilobites y skolithus) durante el Ordovícico y marinos profundos (graptolites) durante el Silúrico inferior.

A pesar de las deformaciones prehercínicas (Toledánica, Cámbrico-Precámbrica y Oretánica) la orogenia Hercínica es la dominante (Carbonífero inferior). En el capítulo "Características Tectónicas y Estructurales" se analiza con cierto detalle la evolución de la Orogenia Hercínica que en Monfragüe causa un acortamiento importante de la estructura, llegando a la inversión del flanco meridional, aspecto apreciable en Peña Falcón (Salto del Gitano). Se da un repaso a los procesos tectónicos alpinos (fracturas NE-SO y fallas de extensión), cuyas características principales son observables en el arco que la Falla de Plasencia produce en todas las estructuras hercínicas. En los límites del Parque aparecen los sedimentos



continentales desde el Terciario, consecuencia de fenómenos orogénicos distensivos que conllevan el relleno de cuencas. Se finaliza este capítulo con un apartado dedicado al estudio de diversos cortes geológicos transversales a la estructura hercínica principal, y con el modelo estructural propuesto por los autores, muy ilustrativo y didáctico de la evolución tectónica del área.

El capítulo "Geología y Paisaje: Geomorfología" sintetiza las características morfológicas de la región extremeña, caracterizando posteriormente los fenómenos geomorfológicos de detalle, debidos principalmente a la disposición de los materiales (laderas escarpadas en el flanco meridional y cuestas en el flanco septentrional). Se incorporan imágenes de satélite, donde se aprecian de manera destacada ciertos rasgos estructurales.

El último tercio de la Guía está constituido por los itinerarios geológicos o "Puntos de Interés Geológico", (nueve en total) todos ellos en lugares accesibles al público y que llevan una descripción precisa de los elementos geológicos observables en cada uno de ellos. Este capítulo cuenta con una información gráfica muy completa, que incluye esquemas desplegables.

La Bibliografía y el Glosario completan la parte del texto. Se incluye al final de la Guía la Tabla Cronoestratigráfica original de Agustín Pieren (versión de 1999), editada por el IGME.

Adjunto al final, se encuentra el mapa geológico de Monfragüe, quizá la herramienta más útil para el aficionado a la geología, desplegable de buen acabado, con leyenda y escala gráfica, que servirá de base a un futuro mapa geológico de Monfragüe.

Eduardo Rebollada Casado
Asociación Geológica de Extremadura (www.agex.org)
ICOG en Extremadura (icog@icog.es)

Proyecto de abastecimiento de agua potable

República de Mali. Misión Exploratoria de Geólogos del Mundo y primeros resultados

Ángel Carvayo

Geólogo
Presidente de la ONG
Geólogos del Mundo

Se describe en este trabajo la iniciación de un proyecto de abastecimiento de agua a tres poblados de la República de Mali (Beo, Madoulo y Ealo), que sufren anualmente los efectos de la sequía durante dos o tres meses.

Una vez obtenida la financiación del posible proyecto, se creó una Misión Exploratoria para la visualización del mismo sobre el terreno y su posterior planificación y ejecución. Se describen las actividades realizadas hasta la detección de agua suficiente para abastecer el poblado de Beo y, posteriormente, se construirá un pozo moderno.

Antecedentes

La Misión Exploratoria de GM viajó a Mali desde el 5 al 18 de diciembre, con la financiación de la empresa TICO S.A. y con la finalidad de analizar las posibilidades de realización de un pozo que permita el abastecimiento de agua potable a tres poblados castigados durante dos meses al año por una sequía total. Como solución a este desastre, los habitantes de los poblados, generalmente las mujeres, deben desplazarse en búsqueda del preciado elemento a pozos situados a una distancia de unos 8 o 10 km.

El conocimiento de este hecho llego a GM de la siguiente forma. Existe una parroquia en Touba, poblado situado en los confines del sudeste de Mali, donde no hay luz eléctrica ni teléfono y adonde se llega por caminos o veredas que necesitan el uso de vehículos 4x4, que atraviesan la sabana seca en una distancia de 45 km a partir de un desvío de carretera secundaria.

El área de influencia de la parroquia de Touba comprende unos 100 pequeños poblados, en los que viven de forma muy dura 45.000 personas. Esto es así debido a que a la carencia de agua potable en la época seca del año hay que sumarle los efectos de la malaria durante la época lluviosa (de junio a octubre), además de la deficiente alimentación basada exclusivamente en el consumo de arroz y mijo. No obstante, la población goza de una gran alegría de vivir.

En la parroquia de Touba, el párroco (que es nativo) convive con dos salesianos, el padre Ángel Marquina, un ecuatoriano que ocupa el puesto de Coordinador de la Pastoral Social de la Parroquia, y el padre Guillém. En enero de 2002, el padre Ángel conoció, a través de una emisión de Radio Exterior de España, la existencia de Geólogos del Mundo y su ofrecimiento para localizar aguas subterráneas en los países menos desarrollados. Debido a la preocupación que sentía por las graves carestías de agua de su feligresía, el padre Ángel inició el contacto con nuestra ONG enviando una primera carta que tardó más de un mes en llegar a su destino, debido a las serias dificultades del correo en Mali. De hecho, resulta igualmente problemático el empleo de otros medios de comunicación, tales como el fax o el correo electrónico.

El intercambio de noticias mostró la cruda realidad de los habitantes de la

parroquia de Touba en relación con la problemática del agua, lo que motivó el abierto deseo de intervención de Geólogos del Mundo, que al principio no contaba con presupuesto para realizar las acciones necesarias. En esas circunstancias, la empresa TICO, S.A., contactó con la ONG, ofreciendo financiación para realizar un pozo y suministrar agua a alguna comunidad de África que tuviera problemas. Son grandes coincidencias que facilitan la solidaridad y que conducen a loables resultados.

Inicio de la Misión Exploratoria

El primer paso de la asociación Geólogos del Mundo-TICO, S.A., fue la realización de un viaje de reconocimiento para planificar las actuaciones posteriores en la zona afectada, en el que participamos Luis Dichtl, como asesor en hidrogeología de África Occidental (lugar en el que ha trabajado durante catorce años, al servicio de la ONU), Vicente Fabregat, como hidrogeólogo cedido por el IGME, y yo mismo, como representante de Geólogos del Mundo.

La acogida por parte de la comunidad salesiana, constituida por tres miembros, fue excelente, y, tanto éstos, como los demás misioneros salesianos extendidos por los siete países negros del África Occidental, son españoles. Hace 20 años, la autoridad salesiana, en su afán de evangelización, decidió trasladar todos los misioneros que residían en las provincias españolas a esa parte de África, donde realizan una encomiable labor de educación traducida en la creación y funcionamiento de 13 centros de formación profesional.

En el mapa **(Figura 1)** aparecen los 7 países que constituyen el dominio salesiano: Mali, Senegal, Guinea Conakrey, Costa de Marfil, Burkina Faso, Togo y Benin.

En cuanto a los habitantes de Bamako (capital de Mali), resulta sorprendente su modo de vida. Todos venden cualquier cosa en la calle (cigarrillos, CD, tarjetas telefónicas, etc), pero no se ve a ningún comprador.

Un guía salesiano, el padre Valerio de procedencia navarra, nos mostró



Figura 1. Mapa de Mali.

dos hechos asombrosos en Bamako. Uno de ellos fue la existencia de una granja de cocodrilos, con infinidad de ejemplares de diversos tamaños que se encontraban sumergidos en piscinas preparadas al efecto o tomando el sol. Asimismo existe el gremio de productores de todo tipo de calderería, obtenida a partir del reciclado de bidones fuera de uso, procedentes de las estaciones de servicio; constituyen un grupo de centenares de personas que utilizan fraguas, recordándonos a los antiguos herreros españoles.

En la región de Touba, en plena sabana, existen frecuentes termiteros, que son edificios construidos por las termitas extrayendo la arcilla del subsuelo para hacer sus galerías subterráneas. Como la arcilla es muy pura, es empleada para construir los graneros. La sola presencia de termiteros indica la proximidad de aguas subterráneas muy próximas, ya que las termitas buscan la humedad.

Los graneros son la joya más valiosa para los habitantes del área, ya que en los mismos almacenan el mijo y el arroz que son prácticamente sus únicos alimentos. Hay que considerar que Mali ocupa el número 172 entre los 175 clasificados según el Índice de Desarrollo Humano 2003, en el que se mide el promedio del progreso de un país, considerando su esperanza de vida, nivel educacional e ingreso real.

En algunas áreas próximas a la región de Touba bien comunicadas, se extrae el agua subterránea mediante bombas manuales. La razón de ello es que dicho tipo de bombas puede reparase con facilidad. Sin embargo, en la zona de Touba, mal comunicada, las pocas bombas manuales que existen están averiadas, siendo muy caro el repararlas por lo que este hecho resulta trágico para la población.

Tipos de pozos

En el área de Touba son frecuentes los pozos tradicionales **(Figura 2)**, llamados así porque están construidos sin protección alguna que evite su hundimiento y contaminación. Las mujeres africanas, con más sensibilidad que los hombres en el tema del agua, consideran que el agua es lo más esencial en la vida y, a veces, se muestran como un símbolo de protección hacia los pozos.

En algunos casos, existen dentro de la zona pozos modernos, denominados de esta forma por estar construidos con obra, tanto en su interior como en el brocal, disponiendo además de una anillo protector para evitar la contaminación superficial, así como de un abrevadero aparte para los animales. A veces, para extraer mayor cantidad de agua, se emplean recipientes de gran capacidad (unos 20 l), que necesitan el

uso de poleas y tracción animal. Los pozos más modernos tienen además una tapa metálica compartimentada que protege el pozo de la caída de sustancias contaminantes y permiten la extracción de agua por cuatro personas simultáneamente **(Figura 3).**

En muchos casos, para favorecer la infiltración del agua a través de las formaciones permeables y, de esta manera potenciar el almacenamiento del agua subterránea que permite prolongar la explotación de los pozos, se construyen barreras muy primitivas de represamiento, en la época de lluvias.

Conocimiento de la problemática

Una labor muy importante de la Misión Exploratoria consistió en la presentación de Geólogos del Mundo a cada uno de los tres poblados demandantes de agua. Este hecho es un ritual en África, donde además se realizaron una serie de preguntas al Jefe del poblado en relación con el número de habitantes, número de pozos que poseen en la actualidad, tipo de obra que prefieren (bombas manuales con sondeo, pozos, etc). A este respecto, quedó muy claro que la voluntad de los habitantes de los tres poblados visitados era su total preferencia por la construcción de pozos de 1,80 m de diámetro, ya que la experiencia les confirma que las bombas se averían y les resulta imposible su reparación, mientras que los pozos perduran siempre si tienen los cuidados mínimos. Después de estas conversaciones a través del interprete del francés a la lengua "bore", que es la hablada en esta región, se realizó una visita a los pozos, que en este caso eran tradicionales, para tomar los datos necesarios por parte de Geólogos del Mundo.

A continuación, el Jefe del poblado invitaba a toda la Misión Exploratoria, incluido el padre Ángel, a una comida tradicional. Dicha comida consistía en la toma de arroz con salsa de una caldera preparada al efecto, pero con la particularidad de que se debe tomar directamente con los dedos de la mano, por lo que antes de la comida todos los comensales introducen sus dedos en



Figura 2. Pozo tradicional.

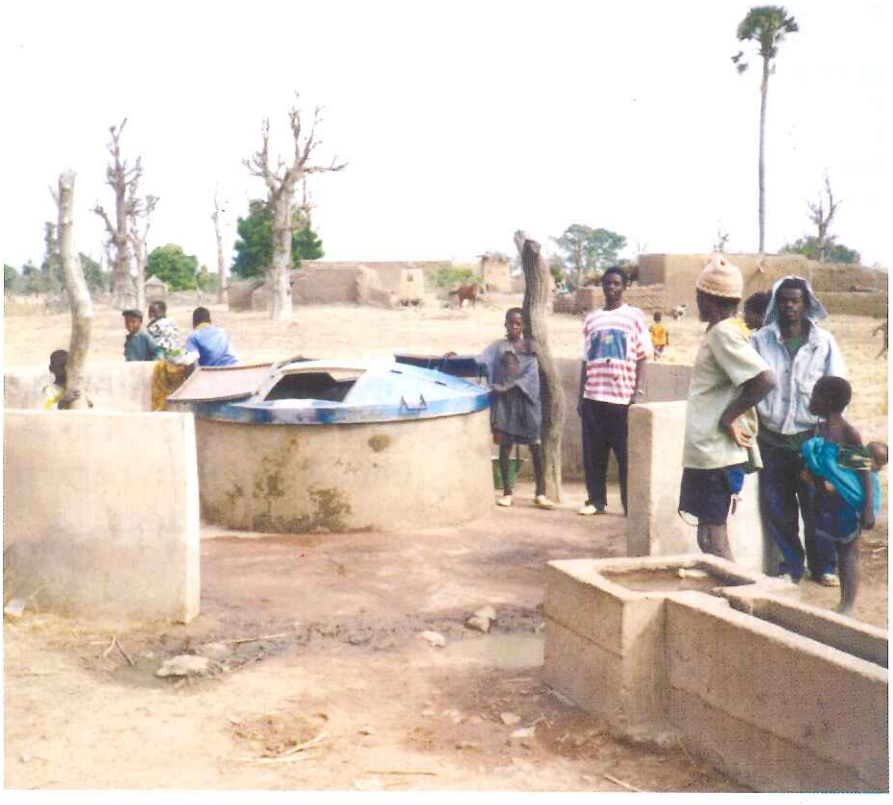


Figura 3. Pozo moderno con protección de su brocal.



Figura 4. Aforo del sondeo mecánico.

una pequeña jofaina común. Finalmente, se hace un lavatorio de manos en la misma jofaina del principio. A la comida le seguía otro rato de conversación y la despedida, que iba acompañada de un regalo, un "choto", como agradecimiento a nuestra visita; este regalo, según el padre Ángel normalmente está reservado exclusivamente a la visita del Obispo. El regalo resultaba siempre útil porque podíamos compartirlo en la parroquia con todo el personal de la misma y con las monjas salesianas que colaboraban en la parroquia en temas de salud y educación, lo que constituía un privilegio para ellos dada la escasez de carne.

Consecuencias de la Misión Exploratoria

Como consecuencia de la visualización del proyecto realizada en aquel viaje, se diseño un plan de actuación, consistente en la realización del reconocimiento hidrogeológico del área correspondiente al poblado de Beo, así como una investigación geofísica en los tres poblados. Con los resultados favorables de ambos estudios, se realizaría un sondeo de reconocimiento que, de resultar positivo, permitiera la construcción de un pozo moderno en Beo.

En algunas áreas próximas a la región de Touba, bien comunicadas, se extrae el agua subterránea mediante bombas manuales. La razón de ello es que dicho tipo de bombas puede repararse con facilidad

Con este fin, se desplazó a Mali Vicente Fabregat, en febrero de 2003 y, fruto del trabajo que supervisó, se obtuvo un resultado muy positivo, ya que la roca almacén principal es una arenisca alterada de 15 m de espesor, subyacente al nivel cuaternario de arcillas arenosas y arcillas. Este último nivel suele ser el perforado en los pozos tradicionales, con lo que, dada su escasa potencia media (unos 12 m), se agota durante varios meses al año. El caudal de agua obtenida en el sondeo mecánico es de 2000 l/h, suficiente para el abastecimiento del poblado de Beo **(Figura 4).**

La construcción del pozo moderno se acometerá próximamente.

El horno alfarero más antiguo de Castilla-La Mancha

Mª Ángeles Perucha

Lic. en C.C. Geológicas

En la Sierra de Ayllón, a los pies de la Sierra del Alto Rey, en Guadalajara, donde la "Raña" pliocena recubre parcialmente los materiales paleozoicos del "Ollo de Sapo", podemos descubrir una joya de nuestra etnografía. En Zarzuela de Jadraque, o Zarzuela de las Ollas, como antiguamente era conocida esta localidad en los alrededores, se conserva aún un antiguo horno alfarero construido con las rocas paleozoicas que afloran en la zona.

En las Relaciones Topográficas de Felipe II del año 1581, ya se menciona la tradición alfarera de este pequeño pueblo: *"... la gente del dicho lugar de la Zarzuela son pobres, e solamente viven de su poca labranza e de hacer algunas ollas"*. Según se desprende del texto, en Zarzuela no existía un único artesano alfarero, sino que era una actividad practicada por bastantes vecinos. Más tarde, en el año 1752, el Catastro del Marqués de la Ensenada ofrece más detalles de la alfarería en esta localidad: *"... tres hornos que sirven para cocer cántaros y otras vasijas de barro que hacen diferentes vecinos ... quince vecinos en el pueblo se ejercitan en la alfarería"*.



Las peculiaridades que presenta la alfarería de Zarzuela de Jadraque son muchas. Además de la larga tradición y la amplia práctica entre los hombres del pueblo, este centro se caracteriza por ser uno de los más arcaicos de España y el más arcaico de la provincia, manteniéndose tanto la técnica como los instrumentos sin el más mínimo cambio durante siglos. El torno que se utilizaba era bajo y se accionaba manualmente, lo que indica su antigüedad. Los tornos de moción manual suelen estar ligados a la alfarería femenina, siendo menores y más ligeros que los utilizados por hombres, como es el caso de Zarzuela de Jadraque. Ruedas semejantes a las de Zarzuela aparecen ya a mediados del cuarto milenio antes de Cristo en Mesopotamia y, en el 2000 a.C., en Egipto.

Zarzuela de Jadraque fue uno de los últimos centros de provincia que se mantuvo en activo. Funcionó con asiduidad hasta la década de los sesenta, cuando comenzó el gran éxodo hacia las ciudades



Vista lateral del horno en el que se observa la abertura or la que se introdución las piezas en la cámara superior para su cocción.

También se observa claramente la ausencia de cubierta en el horno.



Vista frontal del horno en el que se ubica la boca de acceso a la cámara inferior donde era intrudicida la leña.

En la actualidad se conservan en Zarzuela dos hornos alfareros. Uno de ellos está derruido casi por completo, pero aún se pueden identificar bastante bien las dimensiones que tenía. Se localiza fuera del pueblo y se utilizaba para cocer tejas. El segundo se halla en el casco urbano, junto a la fuente y el lavadero. Es un horno construido en piedra y recubierto de barro por dentro. Tiene planta prácticamente semicircular, con dos cámaras separadas por una bóveda de adobe. En la cámara inferior se introducía la leña para la cocción a través de una boca de acceso, y en la superior, que carece de cubierta, se colocaban las piezas. Se encuentra bastante bien conservado gracias al mantenimiento de los vecinos del pueblo. Sin embargo, está prácticamente inutilizado debido a que la boca de acceso para introducir la leña fue taponada al elevar el nivel del suelo para el asfaltado de las calles.

Zarzuela de Jadraque fue uno de los últimos centros de la provincia que se mantuvo en activo. Funcionó con asiduidad hasta la década de los sesenta, cuando comenzó el gran éxodo a las ciudades, si bien en el año 1983 se realizó otra cocción. La recuperación de la memoria y las piezas existentes en este momento es de vital interés si no se quiere perder un documento etnográfico de extraordinaria peculiaridad. La realización de este tipo de recuperaciones resulta de capital importancia en estos momentos, ya que a diferencia de los yacimientos arqueológicos que se pueden excavar y recuperar, la cerámica y su uso popular morirá con los últimos alfareros y la mayoría de las piezas existentes terminarán destruidas en algún basurero.

Fonelas P-1, un bestiario revolucionario en el Plio-Pleistoceno ibérico

Guiomar Garrido Álvarez

Bióloga
Museo Geominero. IGME

El extraordinario yacimiento paleontológico granadino aporta grandes novedades taxonómicas al registro fósil a escala europea, en el tránsito Neógeno-Cuaternario.

Fonelas P-1 alberga una sorprendente combinación de grandes mamíferos, algunos, como la hiena parda Hyaena brunnea *o el jiráfido asiático, aparecen por primera vez en el continente europeo.*

Durante el año 2000 se produjo uno de los descubrimientos más relevantes en la historia de la paleontología de vertebrados de nuestro país, el yacimiento de grandes mamíferos de Fonelas P-1. Este lugar, ubicado en plena cuenca granadina de Guadix-Baza, aporta nuevos datos que conducen a un cambio en la interpretación clásica de los ecosistemas de Europa occidental durante el límite Plio-Pleistoceno, en cronologías próximas a 1.800.000 años de antigüedad. La investigación de este yacimiento, en el que hasta el momento se han llevado a cabo dos campañas mensuales de excavación paleontológica sistemática, es realizada por un equipo multidisciplinar coordinado desde el Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España) por el paleontólogo Alfonso Arribas. El IGME (Ministerio de Ciencia y Tecnología) financia la investigación a través de un proyecto propio que, junto con un Proyecto General de Investigación aprobado por la Dirección General de Bienes Culturales de la Junta de Andalucía, proporciona los recursos humanos, materiales e infraestructura necesarios para las actividades de campo y el posterior estudio de los materiales.

Por el momento, se han identificado fósiles de 31 especies de mamíferos, de las cuales 23 pertenecen a macromamíferos. Entre ellos, se encuentran cráneos, mandíbulas y abundantes huesos de las extremidades en un excelente estado de conservación. Esta concentración de huesos de animales extintos, la mayoría con señales de mordisqueo, fue agrupada por hienas. Como buenas carroñeras, las hienas hacen acopio de los restos de cadáveres que otros carnívoros más cazadores, como los félidos con dientes de sable o los lobos pintados, abandonan tras haberse saciado. Sin embargo, éstas no se limitan a comer en el lugar donde encuentran los despojos, sino que los arrastran concienzudamente hasta sus cubiles de cría. Allí los cachorros, junto con el resto del clan, sacian su apetito, mordisqueando los huesos y acumulándolos en basureros que con el tiempo reúnen fragmentos óseos de un enorme espectro faunístico, desde animales de menos de 5 kg



Figura 1. Vista general de la Formación Guadix desde el yacimiento de Fonelas P-1.

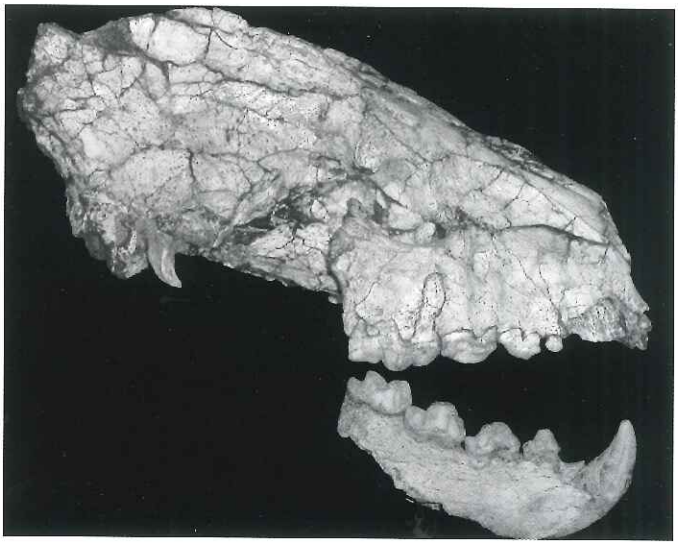


Figura 3. Cráneo y hemimandíbula de *Hyaena brunnea* procedente del yacimiento de Fonelas P-1.



Figura 2. Extracción durante la excavación de una mandíbula de *Canis etruscus*.

de peso como conejos o tejones, hasta animales de varias toneladas como elefantes, rinocerontes o jirafas. La actividad de estos carroñeros, por tanto, constituye una excelente fuente de información para los paleontólogos, ya que al generar estos magníficos yacimientos, nos permiten asomarnos a lo que fue la vida en el planeta en tiempos remotos.

La importancia de este nuevo yacimiento granadino radica fundamentalmente en tres aspectos:

- En primer lugar, los fósiles identificados en Fonelas P-1 aportan una serie de novedades taxonómicas al registro fósil, ya no sólo ibérico, sino también a escala continental. Como ejemplo, cabe destacar la presencia de un cráneo de hiena, lo cual por sí mismo no entrañaría gran importancia, ya que el registro de hiénidos en la península es, cuanto menos, abundante. La novedad radica en que el fósil pertenece a una hiena que, hasta el momento, se creía exclusiva del continente africano, la hiena parda Hyaena brunnea. Este gran carnívoro habita hoy en el África meridional, en países tales como Namibia, Sudáfrica Zimbabwe o Mozambique; pero hubo un día, hace aproximadamente 1.800.000 años, que también vivió en lo que hoy es la provincia de Granada. Además, entre otras novedades, destacan por su espectacularidad los fósiles pertenecientes a un gran jiráfido. Hasta la actualidad, se creía que estos inmensos animales no habrían llegado nunca a alcanzar la Península Ibérica durante el Plio-Pleistoceno, habiendo quedado restringidos a los ecosistemas próximos al Cáucaso. Allí coexistieron con los seres humanos que, venidos de África, alcanzarían por primera vez las puertas de Europa. El descubrimiento de este animal en Fonelas P-1 ha supuesto una gran sorpresa para los paleontólogos, al igual que el hallazgo de otras especies insólitas como el potamóquero, un jabalí de río que también se creía hasta ahora exclusivo de África.
- Desde el punto de vista bioestratigráfico, Fonelas P-1 se sitúa en el tránsito Neógeno-Cuaternario, un periodo extraño en cuanto a las faunas de grandes mamíferos se refiere. En estas cronologías se observa una curiosa transición, desde los ecosistemas típicos del Plioceno, con ambientes húmedos y faunas endémicas de Eurasia, hasta los ambientes bien conocidos del Cuaternario, cuando ya los seres humanos caminábamos por estas tierras. Fonelas P-1 alberga una sorprendente combinación de grandes mamíferos, ya que por una parte se registran fósiles de rinocerontes, cebras, antílopes y félidos con dientes de sable típicos del Plioceno y, coexistiendo geográfica y temporalmente con ellos, encontramos también fósiles de los nuevos inmigrantes, precursores de las formas del Cuaternario, como los antepasados del buey almizclero, lobos y chacales primitivos; además de las novedades faunísticas anteriormente comentadas, como la hiena y el jabalí africanos o el jiráfido asiático.
- Por último, en cuanto a la importancia paleobiogeográfica del yacimiento, es necesario entender el significado real de los eventos de dispersión faunística acaecidos en cronologías



Figura 4. Detalle de la asociación de huesos fósiles, roídos por hienas, registrada en el yacimiento.

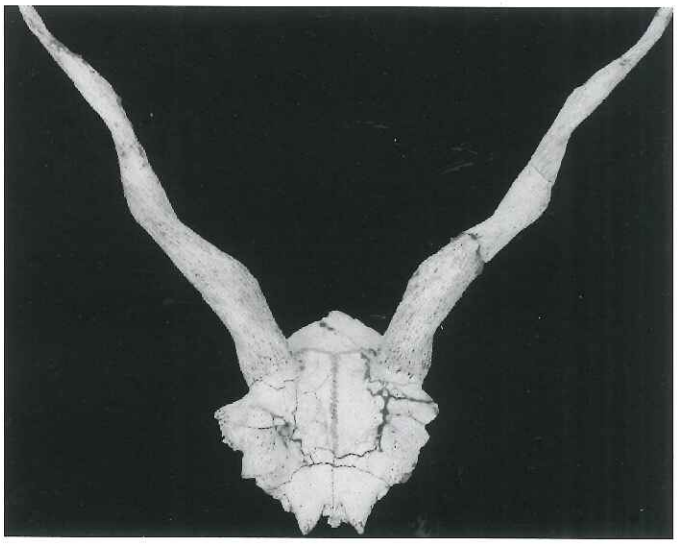


Figura 5. Neurocráneo de *Gazellospira,* un antílope de cuernos espiralados bien representado en Fonelas P-1.



Figura 6. Hembra y cachorros de hiena parda actual *(Hyaena brunnea)* en el cubil de cría.



Figura 7. Inauguración en Madrid, el 17 de Noviembre de 2003, en la Fundación Giner de los Ríos, de la exposición *"El largo viaje hacia Occidente. Fauna ibérica hace 1.800.000 años".*

próximas al límite Plio-Pleistoceno. Hasta este descubrimiento, se aceptaba tradicionalmente la existencia, en este periodo, de tres eventos migratorios diferentes. En primer lugar, se identifica una incorporación de faunas asiáticas a los ecosistemas europeos hace aproximadamente 1.900.000 años, suceso denominado por los autores italianos como Evento lobo, debido a que se registran por vez primera fósiles de Canis etruscus (ancestro del lobo, Canis lupus). Recientemente se ha definido un segundo evento migratorio ocurrido durante el tránsito Neógeno-Cuaternario, aunque esta vez de procedencia africana, en el que los seres humanos nos veríamos implicados, por lo que ha sido denominado como Evento Homo. Por último, ciertos autores reconocen un tercer evento, de nuevo con un origen asiático, acaecido hace 1.600.000 años, en el cual se incorporarían a Europa animales como los ancestros de los bueyes almizcleros o los chacales primitivos. Fonelas P-1 muestra una combinación de estos tres eventos, adelantando la presencia en el continente de algunos animales clásicamente incluidos en el último de ellos. El estudio comparativo con otros yacimientos de cronologías próximas parece apuntar a que este último evento migratorio no tuvo lugar, tratándose de una artificialidad provocada por la ausencia de registro fósil más antiguo de las especies en él incluidas.

En los albores del Cuaternario, algunos de estos animales se extinguirían para siempre, mientras otros con el tiempo acabarían dando lugar a las faunas que habitan los ecosistemas europeos que hoy conocemos, incluidos esos extraños inmigrantes africanos que escriben y leen estas líneas.

I Centenario de Vasily Vasilyevich Dokuchayev (1846-1903)

El fundador de la Ciencia del Suelo

José Manuel Ontañón

Dr. en CC Geológicas

El pasado 26 de octubre se cumplieron 100 años del fallecimiento del científico ruso Vasily V. Dokuchayev, el fundador de la Ciencia del Suelo, muy ligada a la Geología. Dokuchayer fue el primero en clasificar los suelos sobre una base científica con un criterio genético. La escuela rusa dominó los estudios edafológicos hasta muy avanzado el siglo XX, cuando la clasificación morfonúmerica de E.E.U.A. fue adquiriendo mayor importancia.

Los primeros intentos por establecer los estudios del suelo en Rusia los realizó el fundador de la Universidad de Moscú, M.V. Lomonosov, quién, en su trabajo *Sobre las capas de la tierra,* escrito en 1763, propuso la hipótesis sobre el origen de los suelos *chernozem.* Esta hipótesis fue brillantemente desarrollada por Vasily V. Dokuchayev en su famoso libro *El chernozem ruso,* en 1883. El término *chernozem* designa un suelo negro rico en carbonatos y humus, que aparece en las latitudes templadas de Rusia y Ucrania, relacionado con el loess, y de excelente productividad agraria.

Dokuchayev estudió los procesos de formación del suelo y su clasificación, destacando la importancia del clima entre sus factores genéticos. Así, demostró, en 1898, que suelos distintos pueden resultar de la misma roca madre cuando el clima es diferente y que materiales de partida diferentes pueden originar suelos análogos bajo igual clima.

Breve apunte biográfico

Dokuchayev nació el 17 de febrero de 1846 en Milukovo, Smolenskaya. Era hijo de un sacerdote rural y, desde su infancia, se entusiasmó con el paisaje.

En 1872 llegó a ser asistente de geología en la Universidad de San Petersburgo. En 1879 entró en la facultad de Geología e instituyó el primer curso de Geología Cuaternaria que tuvo la universidad. Fue en 1883, el mismo año que publicó su renombrado libro sobre los suelos negros de Rusia *(chernozem),* cuando llegó a ser profesor de la Universidad de San Petersburgo. Hizo grandes expediciones para explorar las zonas de Nizhny, Novgorod, Poltava, Bessarabia y el Caúcaso.

Dokuchayev coincidió con un periodo de gran desarrollo en la Universidad de San Petersburgo, cuando un buen número de estudiantes de primera fila se convirtieron, pasados los años, en científicos de renombre como

P. Chebyshev en matemáticas, E. Lenz en física, D. Mendeleyev y A. Butlerov en química, A. Beketov en botánica, I. Sechenov en psicología, y A. Inostrantsev en geología.

En 1890, pasó a ser miembro de la Sociedad Geológica de Bélgica a la que envió traducciones de sus métodos de trabajo en cartografía de suelos. También presentó a dicha Sociedad una nota sobre el loess, apuntando su origen glaciogénico durante las últimas etapas finiglaciares. En el Congreso Internacional de Arqueología, celebrado en Moscú, en 1892, presentó un trabajo sobre el pasado y presente de las estepas rusas, que alcanzó notable difusión por haberse publicado en francés.

Desde 1892 hasta 1895, Dokuchayev reorganizó y dirigió el Instituto Novo-Aleksandr de Ciencias Agrícolas y Forestales. Deseaba fervientemente la creación de un Instituto del Suelo, pero ello no sucedió hasta tres decadas más tarde.

Dokuchayev murió el 26 de octubre de 1903. Escribió más de 130 publicaciones y artículos, aunque pocos fueron traducidos en su época al francés o al inglés.

El legado de Dokuchayev

La primera iniciativa para incluir la Ciencia del Suelo, cuyo nucleo es la Edafología, en la enseñanza universitaria fue de Dokuchayev, en San Petersburgo, en 1895, pero la enseñanza de la Edafología en la Universidad de Moscú fue introducida por el Director del Departamento de Agronomía de la Facultad de Físicas y Matemáticas, Aleksey Nikolayevich Sabanin, un ferviente seguidor de Dokuchayev. Hoy, Moscú es la sede del Instituto Dokuchayev de Ciencia del Suelo.

Sus trabajos influyeron considerablemente en otros geólogos, como los estadounidenses George N. Coffey y Curtiss F. Marbutt, que a principios del siglo XX fueron impulsores de la Ciencia del Suelo en Estados Unidos. Sin embargo, la clasificación de suelos en ese país se desarrolló con criterios morfológicos y numéricos, adquiriendo gran predicamento en el llamado mundo occidental.



Vasily Vasilyevich Dockuchayev, (1846-1903).

Dokuchayev demostró, en 1898, que los suelos distintos pueden resultar de la misma roca madre cuando el clima es diferente y que materiales de partida diferentes pueden originar suelos análogos bajo igual clima

Aunque la Ciencia del Suelo es multidisciplinar, la presencia activa en ella de titulados en Geología, cien años despues de Dokuchayev, es escasa, lo que no concuerda con la formación de estos profesionales en materias tan relacionadas con el suelo como la mineralogía (especialmente de arcillas), geomorfología, geoquímica, sedimentología, cartografía de formaciones superficiales, etc... Esa aparente falta de vocación es más bien falta de información, pues el suelo constituye un recurso natural cada día más apreciado, cuya importancia en el Medio Ambiente supera con creces a la de su tradicional utilización en Agricultura.



Colaboran:

Generalitat de Catalunya
Departament d'Indústria, Comerç i Turisme
Direcció General d'Energia i Mines

AINDEX

CSIC
INSTITUTO DE CERAMICA Y VIDRIO

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERÁMICA Y VIDRIO

ITC
Instituto de Tecnología Cerámica

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE GEOLOGIA
DEPARTAMENTO DE CRISTALOGRAFÍA Y MINERALOGÍA

FEP Federación Española de la Piedra Natura

A.N.F.R.E

PRESENTACION

La prestigiosa organización internacional Industrial **Minerals Information Ltd**, en colaboración con el **Instituto Geológico y Minero de España**, tiene el placer de presentar el **17º Congreso Internacional sobre Minerales Industriales**, conferencia que se celebrará en Barcelona, España, del 28 al 31 de marzo de 2004.

Desde que en el año 1997 ambas instituciones co-organizaron también en Barcelona y con notable éxito **Euromin'97; Los Minerales Industriales en el Mercado Europeo**, el sector de las Rocas y Minerales Industriales ha experimentado a escala mundial una considerable alza en la producción y el consumo gracias fundamentalmente a un amplio desarrollo de nuevos productos y tecnologías de producción y a la globalización del suministro.

España es, sin duda, uno de los principales productores europeos, estando además a la vanguardia mundial en producción y tecnología propia en muchos minerales industriales, siendo nuestras empresas el referente mundial en la calidad de los productos y en la tecnología de producción. La multitud de yacimientos en explotación y la diversidad de sus paisajes geológicos, hace de España un perfecto anfitrión para el mayor evento mundial y de Barcelona la sede ideal para visitarla.

En las magníficas instalaciones del Puerto Olímpico de Barcelona, la cosmopolita y acogedora ciudad mediterránea, se alza la original silueta del Hotel Arts, sede de la conferencia. Playas y paseos forman el entorno, con excelentes comunicaciones a sólo 10 minutos del aeropuerto internacional.

El *17º Congreso Internacional sobre Minerales Industriales* es el principal evento en el calendario internacional de los negocios en el campo de los minerales no metálicos, ya que reúne a los directivos de la industria minera mundial para discutir los últimos avances de la tecnología y los temas más candentes del dinámico mercado actual.

Estos tres intensos días le darán a Ud la oportunidad de aproximarse muy rápidamente a las tendencias de la industria y a los temas que afectan a su negocio, descubrir nuevas oportunidades de negocio y crear o consolidar relaciones comerciales o técnicas con otros actores de esta industria procedentes de todo el mundo.

PRINCIPALES TEMAS A DEBATE

El variado programa incluye de momento 36 ponencias presentadas por expertos en minerales industriales de reconocido prestigio internacional, que versarán sobre los siguientes temas clave:

- Minería financiera
- Avances internacionales
- Minerales del titanio
- Pigmentos de óxido de titanio
- Circón y circonia
- Magnesita y magnesia
- Refractarios
- Tratamiento de minerales
- Cargas y pigmentos
- Vidrio y cerámica
- Arcillas
- Nuevos mercados

Está también prevista la organización de visitas a explotaciones, yacimientos y fábricas en todo el territorio nacional de cuyos detalles se informará a las personas interesadas.

En paralelo a la conferencia se ha organizado una exposición para la empresas que deseen instalar un expositor para promocionar sus productos o actividades.

Correspondiendo a la colaboración que estamos recibiendo de las autoridades y entidades españolas, la organización ofrece a las empresas españolas una TARIFA DE INSCRIPCIÓN REDUCIDA. Si Ud o su empresa están interesados, rellene por favor la hoja de inscripción adjunta y remítala a la dirección indicada.

CUATRO RAZONES POR LAS QUE UD DEBERIA ASISTIR:

- Podrá Ud debatir con los máximos expertos los temas más candentes del momento, mantenerse al tanto de los avances industriales y estar al día al 100% de lo que pasa en su sector industrial.
- Será una oportunidad excelente para establecer nuevos contactos comerciales, técnicos o tecnológicos o consolidar los ya existentes.
- Tendrá la oportunidad de generar más negocio para su empresa.
- Obtendrá un mayor valor por su dinero con la oferta especial para empresas españolas

ES POR LO TANTO UNA OCASIÓN ÚNICA PARA DAR A CONOCER INTERNACIONALMENTE LA IMPORTANCIA DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES ESPAÑOLAS, SUS EMPRESAS Y SUS PRODUCTOS.

¡RESERVE SU PLAZA YA! LE ESPERAMOS EN MARZO.

PROGRAMA DE LA CONFERENCIA. Ponencias confirmadas hasta la fecha (sujetas a posibles cambios)

Domingo 28 de marzo

Cóctel de recepción. La organización agradecería a todos los participantes su asistencia al cóctel de recepción que tendrá lugar por la tarde.

Lunes 29 de marzo

Apertura del Congreso

- Mike O'Driscoll. *Editor de Industrial Minerals.*

Palabras de bienvenida

- Emilio Custodio. *Director General del Instituto Geológico y Minero de España. (IGME).*

Conferencias inaugurales:

- Cambios en la economía global: implicaciones para los minerales industriales.
  David Humphreys. *Economista Jefe. Rio Tinto plc. Reino Unido.*
- Desarrollos y perspectivas de los minerales industriales.
  Gerard Buffiere. *Presidente de Imerys. Francia*
- Los minerales industriales desde la perspectiva del consumidor.
  Andreas Meier. *COO. RHI AG. Austria.*
- El mercado global de fletes en seco y sus efectos en el mundo de los minerales industriales.
  Tony Pegum, *Director. Seawise Australia.*

Minería Financiera:

- Fusiones y adquisiciones.
  Ray McCormick. *Monarch Financial Corp., USA*
- Minerales industriales. Su acceso al mercado de capitales europeo.
  Willliam Voaden. *VSA Resources. Reino Unido.*
- Un nuevo recurso financiero corporativo para los productores de minerales industriales: El Fondo de Inversión M3.
  Leni Berliner. *Mining & Metals 21 Inc. Reino Unido.*

Nuevos Desarrollos en la Península Ibérica:

- Desarrollos y oportunidades en la industria española de minerales industriales
  Manuel Regueiro. *Instituto Geológico y Minero de España. IGME*
- El potencial de litio en el norte de Portugal.
  Jorge Carvalho & Joao Farinha. *Instituto Geológico e Mineiro. Portugal.*

Martes 30 de marzo

Pigmentos y cargas::

- TBC.
  Mike Folwell, *Iluka Resources Ltd. Australia.*
- Cargas para plásticos tratadas con silano: el éxito de la unión.
  Dr. Kertin Weissenbach. *Degussa Corp. Estados Unidos.*
- Caolín brasileño: un suministro estratégico para los retos y necesidades de la industria papelera del estucado.
  Jose Aparicio Oliveira. *Para pigmentos SA. Brasil.*
- Wollastonita: nuevas fuentes, nuevos mercados.
  Tassos Gramatikopoulos. *Universidad de Patras. Departamento de Geología. Grecia.*

Vidrio y Cerámica:

- Perspectivas de la industria europea del feldespato.
  Marc Lebrun. *Denain Anzin Mineraux SA. Francia.*
- Una nueva fuente de sienita nefelínica.El yacimiento chino de Anyang.
  Mike Lavender. *MD Lavender & Associates. Reino Unido.*
- Perspectivas de la industria española de vidrio y cerámica.
  Emilio Criado. *(Instituto de Cerámica y Vidrio),* Enrique Sánchez. *(Instituto de Tecnología Cerámica)* y Manuel Regueiro. *(Instituto Geológico y Minero de España). España.*

Arcillas absorbentes:

- Potencial del mercado europeo de las bentonitas: tradición frente a innovación.
  Sergio Sarafopoulos. Silver & Baryte Ores. *Mining Co SA. Grecia.*
- Las bentonitas de Wyoming en el mercado global: desafiando a la suerte con un rendimiento cabal.
  Steven R. Gray, Charles R. Landis. *Bentonite Performance Minerals,* & Robert Boyle. *IDP/Baroid.*
- Las camas para gatos: un producto necesario
  Ignacio Duch. *Tolsa, SA. España.*

Minerales del titanio y circón:

- El TiO_2 como materia prima industrial.
  Philip Murphy. *TZMI. Australia.*
- Las arenas titaníferas de la cuenca Murray: favoreciendo el crecimiento de una nueva provincia minera de nivel mundial.
  Peter Dudzinski. *Gobierno de Victoria. Australia.*
  Ian Kennedy. *Consejo Minero de Victoria. Australia.*
  Chris Fraser. *Consejo Minero de Victoria. Australia.*
- China clave para el crecimiento del circón.
  Mark Elliot. *Zirtanium Ltd. Australia.*

Tratamiento y radioactividad:

- Desarrollo de una planta ERMS de rutilo sintético en el este de Australia.
  Mike Turbott. *Austpac Resources NL. Australia.*
- La radioactividad de las arenas titaníferas: visión general y actualidad.
  Peter Shaw. *Junta Nacional de Protección Radiológica. Reino Unido.*

Pigmentos de TiO_2:

- Revisión del mercado de pigmentos del TiO_2.
  Reg Adams. *Artikol. Reino Unido*
- El mercado chino de pigmentos del TiO_2
  Jiazhu Gong. *Vicepresidente Senior, Sichuan Lomon Corp. China*
- El mercado de los pigmentos de TiO_2 en Irán.
  Abolhassan Sarshar, Maryam Delavarian & Davoud Rouzbahani. *Mineral Industries Research and Development Co.*

Miércoles, 31 de marzo

Magnesita y magnesia:

- Magnesias especiales y sus aplicaciones.
  Vassilis Kandianis. *Possehl SA. Grecia*
- Magnesia química: imagen en movimiento
  Jonathan Gamblin. *Cogema UK Ltd. Reino Unido.*
- Compitiendo en el mercado de la magnesita: conectando la comercialización, I+D y ventas en la cadena de valor.
  M.Tsoukatos, *Grecian Magnesite SA. Grecia.*

Refractarios:

- Visión general del mercado de los refractarios.
  Charles Semler. *Semler Materials Services. EEUU*
- Refractarios de magnesita calcinada a muerte: tendencias del mercado y perspectivas.
  Fotis Kandianis. *Possehl SA, Grecia.*

Mercados nuevos y en crecimiento:

- Mercados no papeleros para minerales industriales de valor añadido.
  Todd Harris. *Mineset Partners LLC. EEUU*
- Producción y aplicaciones de nanominerales: estado de la próxima generación.
  Murray Lines. *(Stratum Resources, Australia)* & John Drennan. *(Centre for Microscopy and Microanalysis, University of Queensland)*

Tratamiento de minerales:

- Aplicación de imanes superconductores no criogénicos al tratamiento de minerales.
  Paul Fears. Eriez. *Magnetics Europe. Reino Unido.*
  Daniel Ashton. *WBB Minerals. Reino Unido.*
- Desagregación en secadores: un tema de importancia para la molienda.
  Paul Adler. *The Phlogiston Co. EEUU.*
- El secado de minerales industriales.
  Harry Traub. *Drytech Group. Africa del Sur.*
- Opacificantes: mejores resultados con silicato de zirconio procesado en seco
  H.G. Reggel. *Hosokava Alpine AG.*
- Alphaplâtre; La revolución francesa del yeso: hornos verticales de yeso para escayolas sin papel.
  Chris Spencer. *BRGM. Francia.*
- Ultrasonido potente: mejorando el tratamiento de los minerales industriales.
  Anthony Farmer & A F Collings. *Agricola Consulting Services Pty Ltd. Australia.*

Pigmentos y cargas:

- Cargas para plásticos tratadas con silano: el éxito de la unión
  Dr. Kertin Weissenbach. *Degussa Corp. Estados Unidos.*

PRESENTACIÓN DE PONENCIAS

Si esta Ud interesado en presentar una ponencia en el IM17, por favor póngase en contacto con Mike O'Driscoll, Editor de IM: modriscoll@indmin.com
Tel: +44 (0) 20 7827 6444. Fax: +44 (0) 20 7827 6441

Instituto Geológico y Minero de España

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) (Geological Survey of Spain) es un Organismo Público de Investigación fundado en 1849. El IGME está adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología a través de la Secretaría General de Política Científica (Real Decreto 557/2000 de 27 de abril) y depende del Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica.
Tel: +34 91 349 57 00 Fax: +34 91 442 62 16 www.igme.es.

IDIOMA

El idioma oficial de la conferencia será el inglés.

VISITAS TÉCNICAS

IM17 Barcelona también incluye un excitante programa de visitas técnicas que le permitirá visitar explotaciones mineras de nivel mundial. Ningún otro congreso le permitirá tener una visión tan completa de la industria: dónde está, a dónde va y la gente que le llevará allí.

Este congreso atrae a más de 600 profesionales de la industria cada vez que se organiza y la lista de asistentes del Congreso de los Minerales Industriales es algo así como el "Quién es Quién" de la industria mundial de los minerales industriales. ¿No cree que su nombre debería figurar en esa lista exclusiva?. **¡No espere al último momento y reserve su plaza hoy mismo!**

PROGRAMA CULTURAL Y SOCIAL OPTATIVO PARA ACOMPAÑANTES

Se ha previsto un sugestivo programa para acompañantes de los asistentes a la conferencia para visitar la ciudad de Barcelona y sus alrededores.

EXPOSICIÓN

La conferencia pone a disposición de las empresas interesadas espacios exclusivos para presentar sus productos, proyectos o actividades.

La Asociación del Industrias Extractivas AINDEX ha anunciado su intención de montar un stand de productores españoles de rocas y minerales industriales. Si su empresa está interesada póngase en contacto con D. Jaime Gonzalo Blasi. (AINDEX. C/ Ferraz, 11. 3º Dcha. 28008 Madrid. Tel 915590575. aindex@infonegocio.com)

PATROCINIO

¡Si quiere causar un gran impacto durante esta conferencia de fama mundial, aproveche las oportunidades que le ofrece el programa de patrocinio!

Todos los asistentes a IM 17 Barcelona son sus clientes potenciales. El Congreso es una excelente oportunidad para conocer a los principales actores de esta industria en un momento en que todo el mundo está centrado en tomar decisiones empresariales eficaces y cuando los ejecutivos responsables tienen realmente la oportunidad y el tiempo para meditar y considerar su propuesta de ventas o de inversión sin las habituales interrupciones que se producen en la oficina.

¿Por qué no se une a las empresas líderes incluidas debajo que ya han aprovechado esta oportunidad y explota una de las mejores oportunidades promocionales que probablemente tenga Ud. en todo el año?

- Derrick Corporation
- Olympia Resources
- Larox
- Haver & Boecker
- SME
- Port of Rotterdam
- Fednav

Llame a Ismene Clarke hoy al +44 (0) 20 7827 9977 o remita un correo electrónico a: iclarke@indmin.com, para que le explique cómo puede beneficiarse su empresa de esta ventajosa opción.

TARIFAS

La tarifa reducida para los asistentes españoles es de 950 €.

CÓMO INSCRIBIRSE

Sencillamente complete la hoja de inscripción adjunta y envíela junto con el importe de la tarifa correspondiente a Metal Bulletin Conferences Ltd.

ALOJAMIENTO

La sede del IM17 es el moderno Hotel Arts, situado en el área de la Villa Olímpica de Barcelona. Con vistas al cálido Mar Mediterráneo, su situación privilegiada permite disfrutar de playas, tranquilos paseos y de sus animados cafés y restaurantes. El hotel cuenta con todo tipo de comodidades e instalaciones (piscina, jacuzzi, gimnasio, tiendas, oficina privada con fax y pc, etc). La organización ha gestionado precios especiales para los asistentes a la conferencia

BOLETÍN DE INSCRIPCIÓN

¡SI! Quiero asistir al principal evento del sector el 17º Congreso Internacional sobre Minerales Industriales.
28-31 de marzo. Hotel Arts. Barcelona. España

DATOS PERSONALES

Por favor rellene el impreso y escriba su nombre y el de su empresa tal y como quiere que aparezca en las acreditaciones.

Nombre:.....

Apellidos:.....

Profesión:..... Cargo:..... Empresa:.....

Dirección:..... Ciudad:..... Código Postal: .....

País:..... Teléfono:..... Fax: ..... E-mail:.....

CUOTA DE INSCRIPCIÓN

Tarifa especial para delegados españoles: 950 €. CÓDIGO: JB0010

Firma:

Por favor remítame más información sobre:

- ☐ Visitas técnicas
- ☐ Programa cultural y social
- ☐ Posibilidad de ponencias
- ☐ Revista Industrial Minerals
- ☐ Programa para acompañantes
- ☐ Anuncios en la revista Industrial Minerals
- ☐ Posibilidades de patrocinio
- ☐ Espacio en la exposición

La inscripción en la conferencia incluye la asistencia a todas las sesiones, bebidas en los intermedios, comidas y la documentación de las conferencias.

ALOJAMIENTO

La inscripción no incluye el hotel. Para su comodidad se le remitirá una hoja de reserva del hotel junto con la confirmación de su inscripción que deberá remitirse directamente al hotel.

FORMA DE PAGO

☐ Talón por importe de €..... (a nombre de Metal Bulletin Plc)

☐ Transferencia bancaria a Metal Bulletin Plc por importe de €:.....
(Por favor incluya copia de la transferencia e indique la referencia JB0010.
Compruebe que la transferencia es por un importe que cubra la inscripción y los gastos bancarios que se puedan derivar
CC Nº 39042592, código abreviado 40-05-15 IBAN: GB37MIDL40051539042592
HSBC Bank plc. 9 Wellesley Road. Croydon. Surrey CR9 2AA. Reino Unido.

☐ Por favor cargue a mi tarjeta de crédito el importe de €:.....
☐ Mastercard ☐ Visa ☐ American Express

Nº de tarjeta:..... Fecha de caducidad:.....

Por favor indique la dirección del titular si paga con tarjeta de crédito:.....

CINCO SENCILLOS MÉTODOS PARA REALIZAR LA INSCRIPCIÓN

- Fax: +44 20 7827 5292
- Online: www.indmin.com
- Correo-electrónico: conferences@indmin.com.
- Teléfono: +44 2078279977
- Correo: Hayley Ward. Metal Bulletin Plc. 16 Lower March. Londres. SE1 7RJ. Reino Unido

CONDICIONES DE LA INSCRIPCCIÓN

La inscripción sólo se podrá confirmar una vez se reciba el abono o prueba de abono. Si no se recibe el abono antes de la conferencia se solicitará a los asistentes que garanticen el pago por medio de tarjeta de crédito personal. En caso de que algún inscrito no pueda asistir se aceptará a la persona que le sustituya. Las anulaciones recibidas antes del 27 de febrero de 2004 abonarán una cuota de anulación de 125 €. Podría ocurrir, por razones más allá del control de la organización, que se tuviera que alterar el programa, los contenidos o la ubicación del congreso. En el caso de que se cancele el congreso Metal Bulletin plc, no acepta responsabilidad alguna en las pérdidas que se deriven de gastos de viaje y alojamiento, por lo que recomendamos que se suscriban los correspondientes seguros.

PROTECCIÓN DE DATOS

La información personal que se incluye en este impreso será incluida en una base de datos de Metal Bulletin Group en el Reino Unido e internacionalmente. Sus detalles podrán ser utilizados por nosotros de vez en cuando para contactarle con ofertas de los correspondientes productos y servicios: Por favor marque el recuadro si NO DESEA recibir dicha información por: Correo ☐, Fax ☐, Correo electrónico ☐. De vez en cuando puede que le proporcionemos sus datos a empresas externas cuidadosamente seleccionadas y aprobadas por nosotros que desean ponerse en contacto con Ud. Por favor marque el recuadro si NO DESEA recibir dicha información por: Correo ☐, Fax ☐, Correo electrónico ☐. Es también posible que le proporcionemos su nombre, cargo, empresa y número de fax a otros asistentes a la conferencia. Si no desea que sea así, por favor contacte con el Responsable de Comercialización en el número de teléfono incluido arriba.

ACTA DEL JURADO DEL VI CONCURSO DE FOTOGRAFIA EMILIO ELIZAGA

Reunido el Jurado el día 25 de noviembre de 2003 en la Sede del Colegio Oficial de Geólogos en Madrid, formado por

Luis Suárez Ordoñez	Presidente del ICOG
José Luis Barrera Morate	Vicepresidente 1° del ICOG
Manuel Regueiro y González-Barros	Secretario General del ICOG
Diego Caballo Ardila	Presidente de la ANIGP-TV (Asociación Nacional de Informadores Gráficos de Prensa y Televisión).
	Vocal de la Asociación de la Prensa de Madrid
Javier Ceballos Aranda	Geólogo. Fotógrafo profesional

Acuerdan otorgar por unanimidad los siguientes premios

Categoría COLEGIADOS

1° Premio

Título: Cumbres Borrascosas
Autor: José Carbonell Margenat. Col. n° 2776
Lugar: Glaciar Jökulsarlon. Islandia



2º Premio

Título: Estampa costumbrista de investigación Geotécnica Matritense
Autor: Jesús Rodríguez Jurado. Col. nº 1843
Lugar: Calle de la Montera (Madrid)



3º Premio

Título: Ultraminolita
Autor: Miguel de las Doblas Lavigne. Col. nº 4746
Lugar: Lamina delgada de una ultramilonita de la Sierra de Gredos



Categoría NO COLEGIADOS

1º Premio

Título: La Rotación de la Tierra
Autor: Enrique de la Montaña Andrés
Lugar: Parque Nacional de Joshua Tree. EEUU



2º Premio

Título: Últimas luces en el volcán Villarrica
Autor: Enrique López-Tapia de Inés
Lugar: Aracanía chilena



3º Premio

Título: Formas II
Autor: Juan Ramón Martín Catoira
Lugar: Torcal de Antequera (Málaga)



La opción que más le favorece



Servicios financieros a la medida de cada profesional

Pertenecer al Ilustre Colegio Oficial de Geólogos le ofrece la posibilidad de disfrutar de las ventajas de la oferta financiera de TecnoCredit.

Un conjunto de productos y servicios, concebidos para dar respuesta a sus necesidades personales y profesionales, que se actualizan y mejoran constantemente de acuerdo con la evolución del mercado financiero.

Se beneficiará de **condiciones preferentes** (exención de comisiones, tipos de interés reducidos en préstamos y créditos) con la garantía y solvencia del cuarto grupo bancario español: el **Grupo Banco Sabadell**.

Benefíciese ahora de las condiciones exclusivas del convenio con el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.

Infórmese en el **902 323 222** o en cualquier oficina del Banco Sabadell.

Grupo Banco Sabadell

TecnoCredit
www.tecnocredit.com