

Tierra y tecnología

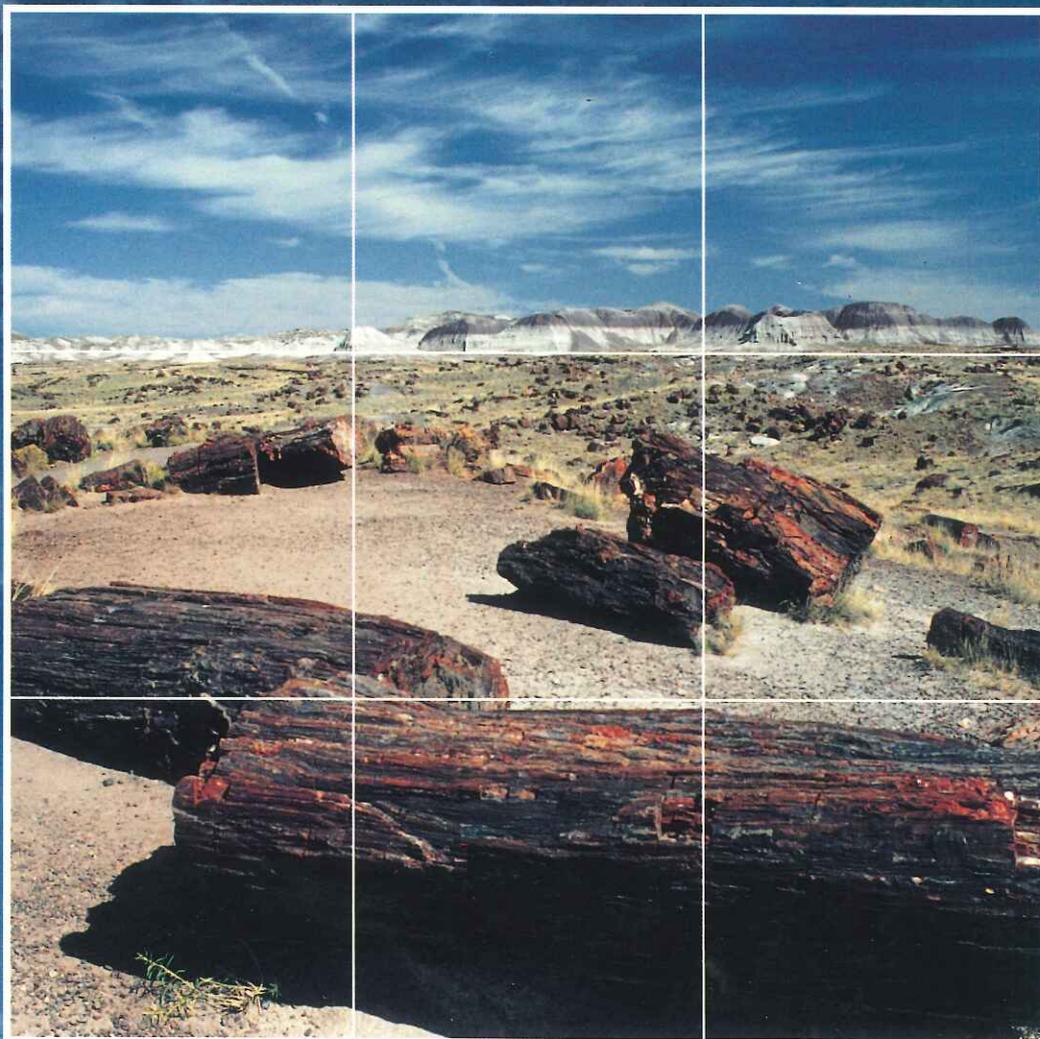
REVISTA DE ACTUALIDAD E INFORMACION GEOLOGICA

NUMERO 13. 750 PTAS.

El parque
nacional del bosque
petrificado

La Ingeniería
Geológica en la
Sociedad

Panorama edáfico
de la Comunidad
de Madrid

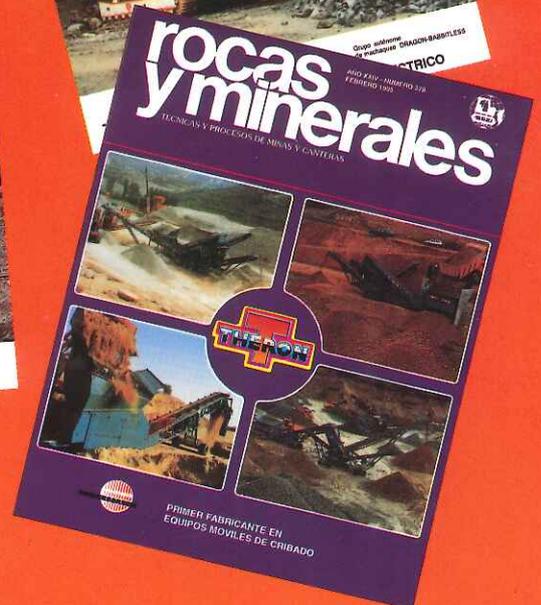
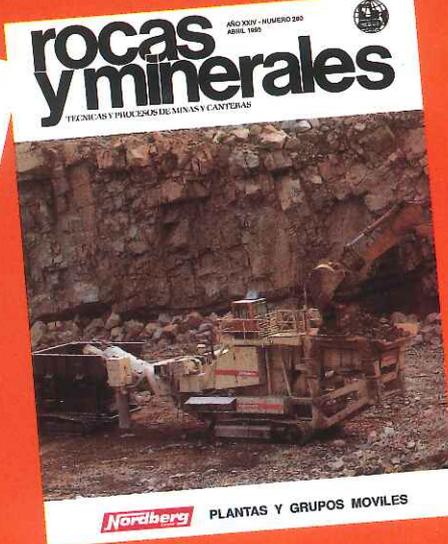
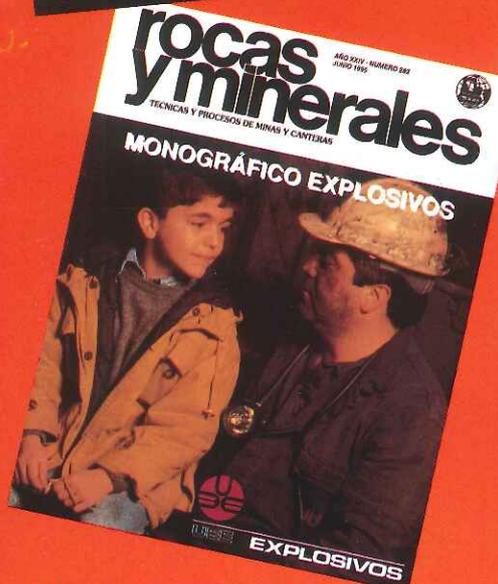
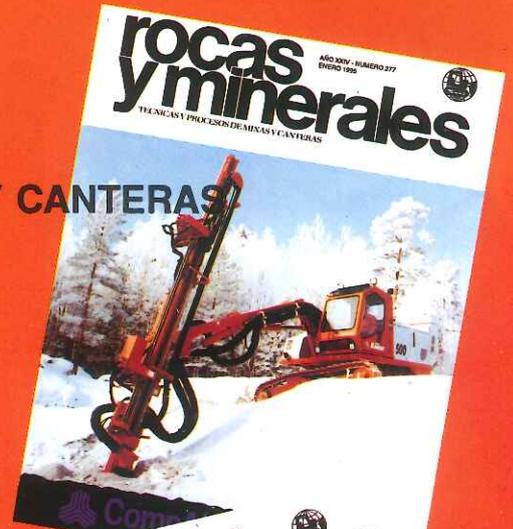
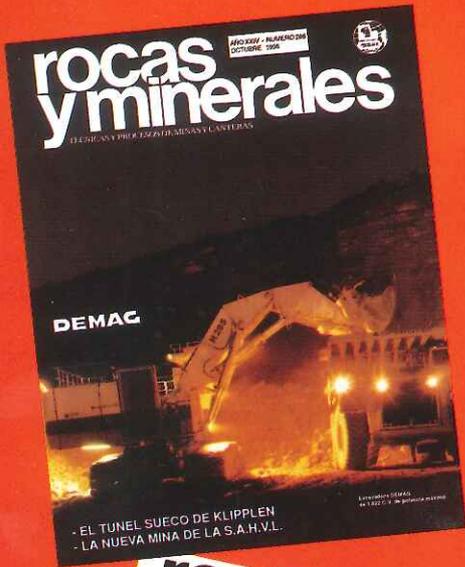


SEGUNDO TRIMESTRE. 1996

TODA LA ACTUALIDAD MINERA EN UNA SOLA PUBLICACION MENSUAL

rocas y minerales

REVISTA DE TECNICAS Y PROCESO DE MINAS Y CANTERAS



rocas y minerales

Arturo Baldasano, 15 - 28043 MADRID
Teléfono: (91) 4151804 - Fax: (91) 4151661

Marque el número 282

EDITA

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

ADMINISTRACION Y REDACCION

Avda. de Reina Victoria, 8-4.º B
28003 MADRID
Teléfono 91-5532403
e-mail:icog@icog.banesto.es

DIRECTOR

Manuel Rolandi Sánchez-Solís

SUBDIRECTOR

José Casas Ruiz

MARKETING

Enrique Pampliega Higuera

PUBLICIDAD

Fátima Camacho Serna

COMITE EDITORIAL

José Casas Ruiz,
Juan José Durán Valseiro,
Manuel Regueiro y González-Barros
Jesús Rodríguez Jurado,
Manuel Rolandi Sánchez-Solís
Peter F. Wouters
Michael Van Der Meer

COLABORADORES

R. Valcarce
J. González
H. Maceira
J. Ruiz
Oscar Blasco Herguedas
Teresa Olmos Palomero
Emilio Castillo Pérez
Javier Gollonet Fernández de Trespalacios
J. C. Herrera Morcillo
P. Martínez Fernández
M. Del Valle Cardenete
Carlos Busón Buesa

FOTOCOMPOSICION E IMPRESION

Gráficas Summa, S. A.

EN PORTADA

Acumulación de madera petrificada
ante las mesas
(Parque Nacional del Bosque Petrificado).

ISSN: 1131-5016

Depósito legal: M. 10.137-1992

Editorial 5

Entrevista a Luis J. González de Vallejo 7

geofísica

«Métodos geofísicos en pozos para el estudio hidrogeológico de la Cuenca Sur de La Habana»,
R. Valcarce, J. González, H. Maceira y J. Ruiz 11

itinerarios geológicos

«El Parque Nacional del Bosque Petrificado (EE.UU.)»,
Oscar Blasco Herguedas 19

medio ambiente

«Panorama edáfico de la Comunidad de Madrid»,
Teresa Olmos Palomero 25

noticias del colegio

«Curso de Introducción a la Metodología de Evaluación del Impacto Ambiental» 33

hidrogeología

«Estado actual de conocimientos de la Hidrogeología en la Cuenca del Guadalquivir»,
Emilio Castillo Pérez y Javier Gollonet Fernández de Trespalacios 36

«Delimitación de perímetros de protección en el Acuífero de la Vega de Granada. Aplicación a dos sondeos de abastecimiento urbano»,
J. C. Herrera Morcillo, P. Martínez Fernández y M. Del Valle Cardenete ... 41

control económico

«Noticias» 47

tecnologías de la información

«Los museos de historia natural en el ciberespacio»,
Carlos Busón Buesa 49

«Informática» 54

Publicaciones 58

NORMAS EDITORIALES PARA «TIERRA Y TECNOLOGIA»

– La **temática de los artículos** deberá estar relacionada, en cuanto a contenido, con las Ciencias y Tecnologías de la Tierra, en el sentido amplio de la palabra; considerando incluíbles campos como las Ciencias Medioambientales, la Ordenación del Territorio, la Informática aplicada, la Teledetección, etc. Así mismo, serían aceptables todas aquellas contribuciones de temática no específicamente geológica, pero que incorporen elementos propios de la Geología o cuyo desarrollo pueda aportar conocimientos de interés para ésta, tales como la Arqueología, la Ecología, la conservación del medio ambiente y del patrimonio natural, histórico y artístico, la Ingeniería Civil, etc. Igualmente, sería posible la incorporación de artículos de carácter histórico, geográfico, humanístico, etc., de aplicación no eminentemente práctica, pero que puedan suscitar interés entre el colectivo de geólogos y otros profesionales con los que mantenemos estrechas relaciones.

– La **extensión** no era superior, siempre que sea posible, a 8 hojas DIN A-4 mecanografiados a doble espacio por una sola cara (equivalente a unas 3.500 palabras) y enumeradas correlativamente. Debe incluirse un breve curriculum del autor o autores, indicando además: nombre y dos apellidos, titulación, empresa u organismo que representa (cuando no se haga a título particular) y cargo desempeñado.

– Se incluirá, con el artículo, un breve **resumen** del contenido del mismo en un máximo de 10 líneas en castellano e inglés, si es posible.

– Se seleccionarán unos **4 párrafos entresacados** del texto, que resaltarán los aspectos más significativos del artículo adjuntándolos en una hoja aparte y numerados por orden.

– Las **figuras** ilustrativas del contenido del artículo (fotografías, gráficos, esquemas, mapas, etc.) se entregarán preferiblemente en forma de diapositiva o como copia de papel lo más nítido posible, evitando una coloración en base a lápices de colores. Las ilustraciones irán numeradas por orden y con su correspondiente texto explicativo. Igualmente en el texto de éste se indicará la figura o gráfico que corresponda.

– El artículo deberá ser **inédito**, es decir, no haber sido publicado en España o en extranjero, excepto en aquellos casos que así se acuerde.

– Es conveniente que se facilite un índice previo del artículo a elaborar, con el fin de conocer el contenido y así poder evaluar el interés del mismo para su publicación. El trabajo definitivo deberá contar con la **aprobación del Comité Editorial** de la Revista, trámite imprescindible para su publicación.

– Los artículos se entregarán en **copia de papel** y, siempre que sea posible, en **diskette**.

EDITORIAL

Tras cuatro años de andadura, la revista TIERRA y TECNOLOGIA ha alcanzado su número 13, cifra cabalística que, a pesar de sus connotaciones supersticiosas, los que hemos participado en su elaboración la recordaremos siempre como indicativa del final de una etapa muy clara de la revista –la inicial o de arranque.

Es necesario, e incluso muy conveniente, en este tipo de pasos de unas etapas a otras, que unidos a ellos vengan también asociados cambios o renovaciones en los equipos de dirección, con el objeto de que nuevas gentes, provistas de nuevas ideas e ilusiones, acometan el reto y las necesidades de los nuevos períodos.

Con este motivo, y desde nuestra última editorial, queremos aprovechar la ocasión para agradecer encarecidamente a todos aquellos que han colaborado con la revista sus servicios prestados. En esta ocasión, el tan conocido y utilizado tópico de que «(...) sin su inestimable colaboración no hubiera sido posible (...)» la realización de la revista, ha resultado absolutamente real desde el primero al último de sus números. A todos ellos les enviamos nuestro más sincero agradecimiento, y en especial al amplio número de colaboradores desinteresados y coordinadores de números, sin olvidar, por supuesto, a los componentes del Comité de Redacción, personal administrativo y Junta de Gobierno del ICOG, cuya ayuda y apoyo ha sido, en todo momento, absoluto y fundamental.

Es inevitable, en estos momentos, no dejar de recordar, con cierta sonrisa nostálgica, los apuros y dificultades que pasamos en septiembre de 1991 para configurar nuestro primer número dedicado al Medio Ambiente en España. Nuestra inexperiencia de entonces –no muy superada todavía, a pesar de los años transcurridos– se palió, como se pudo, con interés, entusiasmo y, sobre todo, con horas de dedicación robados al escaso tiempo libre disponible. El objetivo final, y no sabemos si totalmente conseguido, fue siempre el de intentar disponer de una revista del colectivo de geólogos dedicada a divulgar los más amplios y diversos aspectos de la actualidad geológica de nuestro país, que actuara como un foro abierto e independiente en el que se diera cabida al mayor número de opiniones y criterios posibles, y en el que la GEOLOGIA fuera el principal punto de contacto.

Con este balance de 13 números publicados nos despedimos de nuestro colectivo, deseándoles al nuevo equipo de dirección de la revista TIERRA y TECNOLOGIA el más completo de los éxitos.



De izquierda a derecha José Casas Ruiz (Subdirector T y T), Luis E. Suárez Ordóñez (Presidente ICOG) y Manuel Rolandi Sánchez-Solís (Director T y T).

PLAN DE PENSIONES DE LOS GEOLOGOS



ESTAS SON ALGUNAS DE SUS VENTAJAS:

- * Le ayudará a mantener su nivel de vida cuando se jubile
 - * Las aportaciones efectuadas son fiscalmente deducibles
 - * Por ser exclusivo para los geólogos, el Plan tiene una reducción de gastos, de este modo su ahorro es más rentable
 - * El Plan está gobernado por los geólogos
-
- SI USTED YA TIENE UN PLAN DE PENSIONES INDIVIDUAL, PUEDE TRASPASARLO AL PLAN DE LOS GEOLOGOS Y BENEFICIARSE ASI DE SUS VENTAJAS.
 - SI USTED TODAVIA NO TIENE UN PLAN DE PENSIONES, ESTA ES UNA VENTAJOSA OPORTUNIDAD.

Para ampliar información sobre alguno de estos servicios, diríjase al Colegio Oficial de Geólogos o bien a cualquier sucursal del Grupo Banco Popular.

tu futuro, nuestro futuro

LUIS J. GONZALEZ DE VALLEJO, DIRECTOR DEL
MASTER DE INGENIERIA GEOLOGICA U.C.M.

PRACTICAMENTE NO EXISTE PARO ENTRE LOS «MASTERS» EN INGENIERIA GEOLOGICA

Los estudios geológico-técnicos conforman una parte importante de cualquier proyecto de obra lineal, hidráulica o de edificación

Desde su punto de vista, ¿cuál es el estado actual de la ingeniería geológica (I.G.) en España, con respecto a los países más avanzados de la Unión Europea?

—Para poder valorar la situación actual de la Ingeniería Geológica en España es obligado tomar un punto de referencia, quizás los últimos 10-15 años. Considero que se ha producido un cambio fundamental tanto cualitativo como cuantitativo. Los estudios que se hacían entonces eran casi exclusivos de obras muy singulares y muchos de ellos tenían carácter testimonial, es decir, por cumplir un requisito. Actualmente forma parte importante de cualquier proyecto de obra lineal, hidráulica, o de edificación. En esta misma línea, los estudios de impacto ambiental, han potenciado la importancia de los factores restrictivos, como los riesgos geológicos, y, por tanto, las soluciones a estos problemas desde la ingeniería geológica.

Disponemos en España de un nutrido grupo de profesionales de la I.G., altamente preparados, que conocen y utilizan los mismos métodos que sus colegas europeos, que resuelven satisfactoriamente difíciles problemas geológicos-geotécnicos y prueba de ello es el escaso número de empresas consultoras en I.G. extranjeras que siguen implantadas en España. Nuestro nivel no sólo es bueno, sino que es también competitivo. Sin embargo, lo reciente de esta profesión hace que no haya alcanzado una implantación semejante al resto de la Unión Europea. Así, en las etapas de proyecto está bien establecida, pero durante la ejecución de las obras, es todavía escasa, y a nivel de administración es muy baja la presencia de especialistas en ingeniería geológica.

—¿Cuál es el futuro de la I.G. y como prevé su integración en el diseño de titulaciones geológicas?. ¿Master, especialidades, nuevas titulaciones?

—En cuanto al futuro es evidente que la tendencia será muy semejante a la seguida en el resto de la Unión Europea, y en este sentido en España habrá un continuo desarrollo tanto en la participación como en el número de profesionales.

Con respecto a la situación académica de titulaciones, creo que estamos en una época de transición, con retraso con respecto a la demanda social. Todavía en España las estructuras académicas y las instituciones profesionales son demasiado rígidas en los planteamientos de futuro. Se opera con desconfianza ante nuevas titulaciones. Se tiene, en general, una mentalidad excesivamente corporativista. Como consecuencia, los intentos de abrir titulaciones oficiales de Ingeniería Geológica han tropezado con una pared de dificultades a nivel de titulación oficial. Existen sin embargo títulos propios. La Universidad de Barcelona tiene el Graduado Superior en Ingeniería Geológica, y la U.C.M. el Master en Ingeniería Geológica.

Un planteamiento realista de la titulación oficial en I.G. precisaría de un amplio consenso inter universitario e inter profesional, que reconozca plenamente la nueva titulación y que no fuese una subplantación de las existentes, o sustitución de las mismas.

En cuanto a la incorporación de la Ingeniería Geológica como especialidad en las carreras existentes, creo que se ha optado por esta vía, y considero correcto su planteamiento. El problema es que tropieza con los fallos generales de



los nuevos planes de estudio. Sobre el texto es fácil poner nuevas asignaturas, pero la realidad es otra. Si se tiene en cuenta que la I.G. era prácticamente inexistente en el plan de estudios de las Facultades de Geología, y por tanto, sin profesores en esta materia, ni medios de laboratorio, etc., es fácil comprender la situación que se crea al implantar la asignatura sin aportación de medios ni profesorado. El problema no es exclusivo de la I.G., es común para todas las nuevas asignaturas, y no por ello la situación creada puede merecer el calificativo de subrealista.

La solución de momento parece evidente, se debe potenciar la especialidad de I.G. a nivel de licenciatura, y se debe apoyar los estudios de Master, solución adoptada por la mayoría de los países de la U.E.

—¿Cree adecuado el soporte geológico en las obras de infraestructura de las Administraciones Públicas?

—Existe gran desigualdad en el tratamiento de los estudios geológicos a nivel de Administración Pública. Las distintas competencias administrativas en juego hacen bastante confusa la situación, aunque en general se ha mejorado considerablemente en algunos campos concretos como las infraestructuras del transporte (carreteras y ferrocarriles), pero en otras áreas la situación es bastante estacionaria. Uno de los problemas es la falta de reglamentación, normativas y criterios para la ejecución de estudios, proyectos y controles de obra, con todo el desarrollo jurídico, profesional y de contenidos técnicos que conlleva. A nivel profesional, en algunas Administraciones del

Estado se excluye a los geólogos de la posibilidad de dirigir estudios geológico-geotécnicos, lo cual resulta incomprensible. No existe un criterio en cuanto a quien le corresponde realizar el estudio geotécnico si al proyectista, al consultor geotécnico a la administración, o al contratista. Ni tampoco los medios que deben disponer para tales estudios. Uno de los grandes problemas derivados de la falta de especialistas en la Administración en I.G. es el poco criterio que se tiene a la hora de supervisar proyectos y controlar su calidad. Como consecuencia, hay grandes diferencias en la calidad, y contenido de los estudios y por tanto todavía no hay las suficientes garantías de que el estudio realizado sea el correcto y el necesario.

—¿Cuál es en su opinión el currículum modelo que debe poseer un ingeniero geólogo para entrar en el mercado de trabajo?

—Refiriéndome a la actividad profesional relacionada con el sector privado, es decir la empresa consultora, constructora o de servicios, lo ideal es ofrecer un currículum donde se reúna el conocimiento con la experiencia. Este conocimiento puede acreditarse a través de estudios con las correspondientes titulaciones y la experiencia es muy difícil de valorar, pero, en principio, la dan los años y el tipo de actividad desarrollada. Un currículum ideal para un profesional con menos de 35 años de edad, sería, licenciado en geología, con cursos de especialización en ingeniería geológica o geotecnia, conocimientos de programas informáticos, capacidad de gestión que incluya la preparación de ofertas y presupues-

«Lo reciente de esta profesión de ingeniero geólogo hace que no haya alcanzado una implantación semejante al resto de la Unión Europea»

tos, dotes organizativas y una buena dosis de adaptación a múltiples circunstancias, y por supuesto cierta experiencia en trabajos semejantes. Para un profesional sin experiencia o con muy poca, se le exigiría mayor formación académica.

—¿Cuál es su valoración sobre los tres Master de Ingeniería Geológica que dirigidos por usted ha impartido la Universidad Complutense de Madrid?

—Si trato de ser del todo sincero tendré que decir que en conjunto los resultados de los 3 Master impartidos son muy buenos, aunque siempre se debe y puede mejorar. Hay que tener en cuenta los escasos medios económicos que disponemos para impartir una enseñanza tan personalizada durante 2 años, manteniéndose la misma matrícula desde su creación en 1990. Los objetivos propuestos se han alcanzado gracias al esfuerzo del profesorado. En este sentido quiero resaltar que el Master es viable y, por tanto, los buenos resultados obtenidos son posibles gracias a la dedicación de un pequeño grupo de profesores, por encima de cualquier compensación de tipo remunerativo. El equipo docente es prácticamente el mismo desde su creación, y fue forjado en el curso de Ingeniería Geológica para postgraduados que tuvo 10 ediciones.

«Los intentos de abrir titulaciones oficiales de Ingeniería Geológica han tropezado con una pared de dificultades a nivel de titulación oficial»



Por otro lado, observamos que cada año los alumnos están más integrados y que se adaptan mejor y más rápidamente al ritmo que se impone al Master, que supone un choque ante nuevas materias y un cambio de mentalidad en el enfoque y resolución de los problemas de la geotecnia e ingeniería para los geólogos.

No quiero decir que cada promoción sea mejor que la anterior, pero sí que cada edición del Master acumula la experiencia anterior y lógicamente mejora en muchos aspectos, aunque el contenido del programa es muy semejante desde su creación.

Puedo asegurar que los titulados en Ingeniería Geológica por la UCM, están muy bien preparados, al mismo nivel que sus colegas europeos y pueden enfrentarse sin ninguna dificultad a la mayoría de los problemas de ingeniería geológica y por supuesto al ejercicio de su profesión en cualquier situación.

-¿Existe una relación directa entre la consecución del Master de I.G. de la UCM y el empleo?

-Los datos que tenemos sobre la colocación de los titulados en Ingeniería Geológica por la UCM indican que no existe paro, es más, la mayoría de

los titulados obtienen empleo antes de los 3 meses después de terminar el Master. Una gran proporción encuentra trabajo en empresas consultoras. Los que han realizado el Master desde su puesto de trabajo, han mejorado su situación profesional dentro de su propia empresa y han accedido a puestos de mayor responsabilidad, es decir, han tenido una promoción interna. En conjunto, la situación para nuestros titulados es privilegiada si se compara con la media de empleo en los geólogos. Puedo decir que la titulación del Master es un buen medio para encontrar trabajo.

-¿Cuáles son las funciones de la Asociación del Master de Ingeniería Geológica?

-La Asociación de Antiguos del M.I.G. se creó para mantener las relaciones de compañerismo y fomento de las actividades profesionales entre los titulados del Master. Al cabo de 2 años de estrecha convivencia se crean muchos lazos, que después se pueden perder con el paso del tiempo. Estos lazos son los que la Asociación trata de mantener, a la vez de ofrecer unos servicios a los asociados. Por ejemplo, existe una bolsa de empleo a través de la cual las empresas pueden ac-

«Uno de los grandes problemas derivados de la falta de especialistas en la Administración en I.G. es el poco criterio que se tiene a la hora de supervisar proyectos y controlar su calidad»

ceder a especialistas en ingeniería geológica, con o sin experiencia, y sin gasto alguno para dichas empresas. Otros servicios son el acceso a un banco de datos bibliográfico, organización de conferencias y seminarios, visitas técnicas a obras, etc.

Sobre todo la Asociación trata de mantener unidos a los antiguos compañeros y facilitar el intercambio de experiencias. La Asociación también colabora con el Master en diversas actividades y se intenta que tenga una mayor participación en el propio desarrollo docente del mismo. ■

**SEGURO MULTIRRIESGO DEL HOGAR ESPECIAL
MIEMBROS DEL I.C.O.G.**

Estas son algunas de sus ventajas:

- * Incendio, explosión, autoexplosión y caída del rayo.
- * Daños eléctricos.
- * Daños por agua (albañilería, fontanería, pintura), sin aplicación de regla proporcional.
- * Daños estéticos.
- * Responsabilidad Civil hasta 50.000.000.
- * Atraco en la calle con la cobertura más amplia del mercado.
- * Asistencia en el hogar con servicio de urgencias 24 horas.
- * Claridad en la redacción.
- * Primas altamente competitivas a las que añadimos una bonificación especial para los miembros del I.C.O.G.
- * Asesoramiento especializado y atención personal y esmerada por auténticos profesionales del Seguro.

EJEMPLO:

Piso vivienda habitual con los siguientes capitales:

| | |
|------------------|-----------|
| Continente | 5.000.000 |
| Contenido | 3.000.000 |
| TOTAL AÑO | 12.352 |

Compañía aseguradora Baloise Pastor Seguros y Reaseguros, S. A.

Para información y contratación dirigirse a Correduría de Seguros Descalzo & Asociados, S. L. en los teléfonos 715 79 79 y 351 27 31 en horario de 8 de la mañana a 8 de la tarde.

OTROS SERVICIOS

- * Seguros de Vida y Ahorro.
- * Jubilación.
- * Accidentes.
- * Automóviles.
- * Multirriesgo de Comercios.
- * Multirriesgo de Oficinas.
- * Multirriesgo de Pymes.
- * Seguros de Salud.

Le asesoramos gratuitamente y sin compromiso sobre los seguros que tenga contratados.

Correduría de Seguros Descalzo & Asociados, S. L.

Noria de la Paz, 15

28223 POZUELO DE ALARCON. MADRID

Tfnos: 451 27 31 / 715 79 79 - Fax: 715 79 79

Desde 1983 colaborando con el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.

METODOS GEOFISICOS EN POZOS PARA EL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR DE LA HABANA

El presente trabajo está dirigido a la caracterización de las propiedades colectoras e hidrodinámicas de la Cuenca Sur de La Habana a partir de la información que aportan los registros geofísicos en pozo disponibles en la zona. La metodología de trabajo empleada permitió: caracterizar la columna litogeofísica presente en el corte geológico empleando técnicas de clasificación estadísticas multivariadas, establecer dependencias entre la velocidad de filtración del agua subterránea y parámetros geofísicos, definir el rango de variación de la porosidad, arcillosidad, velocidad de filtración del agua, coeficiente de filtración, transmisividad, espesor de agua dulce, espesor de la zona de interfaz y profundidad de la intrusión salina. Se discute la presencia de al menos dos modelos colectores diferentes en el corte geológico.

R. Valcarce, J. González,
H. Maceira y J. Ruiz

Departamento de Geofísica. Facultad de Ingeniería Civil. I.S.P.J.A.E. Ciudad de La Habana. Cuba.

This paper is intended as a study of the collector and hydrodynamic properties of Havana Cuenca Sur take into account the results obtained from available geophysical well logs. As a result of this research, the lithogeophysical model was found using multivariate statistical techniques; it was possible to establish the relationship between the ground-water velocity and geophysical data. Otherwise, the porosity variability range, shale volume, ground-water velocity, infiltration coefficient, transmissibility, fresh-water thickness, sharp interface thickness and salt-water encroachment depth were defined in five profiles. At last, two different collector models were discussed for this aquifer.

1.-Introducción

Las cuencas hidrogeológicas más importantes en nuestro país están constituidas por acuíferos cársicos, lo que hace muy compleja la evaluación de sus propiedades colectoras e hidrodinámicas. La mayor parte de nuestros acuíferos costeros son cuencas abiertas y en ellos está presente el fenómeno de la intrusión salina. Todo ello acentúa la necesidad de aplicar métodos y metodologías de investigación que permitan el estudio integral de los acuíferos.

En los últimos tiempos se observa en el mundo la tendencia al aumento de trabajos geofísicos en pozo con fines hidrogeológicos porque la correcta utilización de estos métodos en todas las etapas de las investigaciones hidrogeológicas, contribuye a la resolución de las tareas planteadas disminuyendo los costos y el tiempo de ejecución de las investigaciones.

El presente trabajo está dirigido al estudio hidrogeológico de un área de la Cuenca Sur de La Habana a partir de la información que aportan los registros geofísicos de pozo disponibles en la

zona. Los objetivos propuestos fueron los siguientes:

1. Caracterizar la columna litogeofísica presente en el corte geológico.
2. Evaluar el grado de arcillosidad de los diferentes grupos litogeofísicos.
3. Evaluar la porosidad de las capas.
4. Estimar los siguientes parámetros hidrodinámicos:
 - a) Velocidad de filtración de las aguas subterráneas.
 - b) Coeficiente de filtración y coeficiente de transmisividad de las rocas.
 - c) Salinidad natural del agua subterránea.
 - d) Espesor de agua dulce.
 - e) Profundidad y espesor de la zona de interfaz.
 - f) Profundidad de la intrusión salina.
5. Explorar la posible existencia de dependencias entre parámetros hidrodinámicos y datos de los registros geofísicos de pozo medidos y/o interpretados.
6. Caracterizar los tipos de colectores fundamentales presentes en el corte geológico.

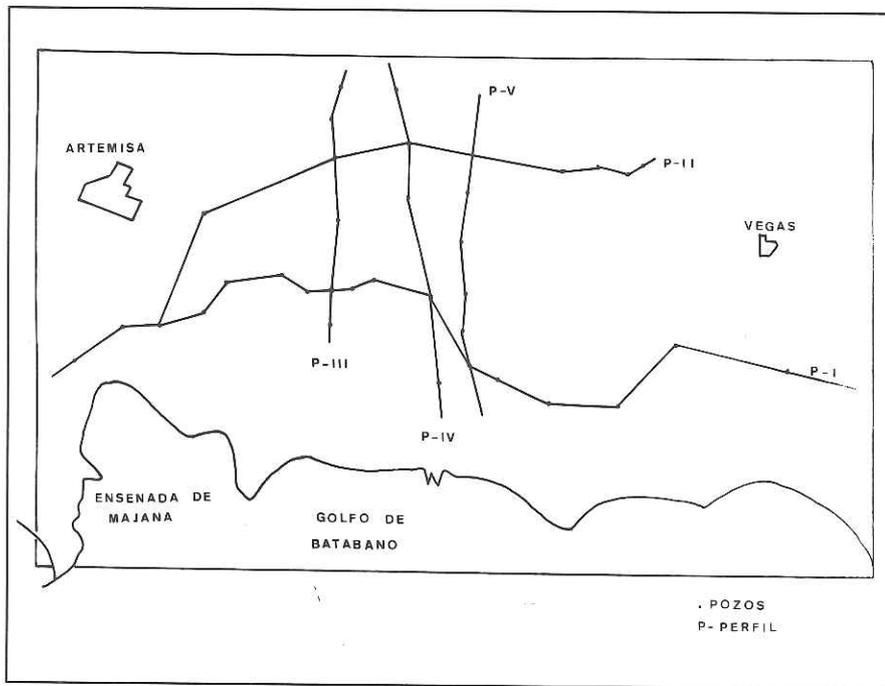


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

2.-Caracterización geológica de la región

La ubicación de la zona de estudio puede verse en la **Figura 1**. Esta área se caracteriza por una estructura geológica compleja y se enmarca dentro de la secuencia neoplatafórmica de edad Mioceno Medio Superior a Plioceno, con sedimentos de tipo carbonatados de mares someros. Sobreyaciendo a éstos se encuentran sedimentos cuaternarios de composición predominantemente terrígena de espesor variable. El contacto entre estos dos tipos de sedimentos es discordante.

La región de la costa sur está formada casi en su totalidad por rocas del Neógeno, principalmente la formación Güines que presenta en su composición una gran variedad de calizas: coralinas cristalinas, órgano-detríticas, órgano-relícticas, dolomitizadas, arcillosas. También encontramos margas y calcarenitas dentro de las calizas en forma de lentes de poco espesor. Es de destacar el alto grado de carsificación que presenta esta formación.

La formación Güines yace en concordancia sobre la formación Cojimar y en algunos casos sobre la formación Husillos. Estas dos formaciones presentan características muy similares a Güines hasta llegar a ser muy difícil su diferenciación en superficie.

En general se puede establecer que hay un régimen único neotectónico donde la parte norte sufre fundamental-

mente ascensos y la parte sur movimientos de descensos. Esto se demuestra al norte, por la presencia de valles estrechos en forma de cañones de diferente profundidad y al sur por la formación de zonas pantanosas y la presencia de terrazas sepultadas por el mar.

Las aguas subterráneas se encuentran distribuidas en todo el territorio de la provincia. Sus mayores recursos están relacionados con las calizas de la formación Güines, que ocupan más del 70 % de la provincia. En la llanura de la costa sur alcanzan unos 200 m de espesor.

Existen una compleja intercalación con el agua salada y en la parte sur de la llanura de la Cuenca, las aguas dulces yacen sobre las aguas saladas. La dirección del flujo subterráneo es desde la zona de alimentación situada en el centro hacia el mar, con algunas variaciones en dependencia de las condiciones hidrogeológicas locales. El nivel de las aguas subterráneas va disminuyendo a medida que nos acercamos a la costa, donde llega a la superficie formando una extensa franja cenagosa de 2 a 5 Km de ancho (Piñeiro, 1991), (Popov V. y López E., 1990).

3.-Métodos y metodología de trabajo empleados

Fueron interpretados 33 pozos que conforman 5 perfiles (**Figura 1**). Estos registros geofísicos en pozos fueron

realizados por la Empresa Hidroeconomía Habana. El complejo de métodos disponibles fue el siguiente:

- Cavernometría (dp).
- Intensidad de radiaciones gamma natural (Ig).
- Resistividad aparente (Ra).
- Resistividad natural (Rw).
- Resistividad con salinización (Rm).

La escala vertical de los registros fue 1:200.

La metodología empleada fue la siguiente:

3.1.- Separación de las capas presentes en cada pozo, según el comportamiento de los registros geofísicos en pozo.

3.2.- Lectura de la Ig, Ra, Rw y dp frente a cada capa.

3.3.- Correcciones a los valores de Ig por diámetro de pozo, excentricidad de la sonda y densidad del fluido en el pozo (Schlumberger, 1972).

3.4.- Correcciones a los valores de Ra por diámetro de pozo, espesor de capa, resistividad de la capa adyacente, resistividad del fluido en el pozo y longitud de la sonda (Schlumberger, 1972).

3.5.- Evaluación del contenido de arcilla en las capas.

Desde el punto de vista práctico, es usual determinar el contenido de arcilla de las capas sedimentarias, empleando el parámetro duplo diferencial (DIg) que está dado por la relación:

$$DIg = (Ig - Igmín) / (Igmáx - Igmín) \quad (1)$$

donde:

Ig - Intensidad gamma frente a la capa cuyo contenido de arcilla debe ser calculado.

Igmín - Intensidad gamma mínimo leída frente a una capa limpia sin contenido de arcilla.

Igmáx - Intensidad gamma máxima leída frente a una capa arcillosa (Car = 100 %).

Car - Contenido de arcilla.

Para la zona de trabajo, las capas bases pudieron ser caracterizadas como $Igmín = 1 \mu r/h$ e $Igmáx = 14.5 \mu r/h$.

Como se expresa en la fórmula anterior, el parámetro duplo diferencial de intensidad gamma, varía entre 0 y 1 y en la literatura se reporta que es una función del contenido de arcilla, de la forma:

$$Car = (DIg)^b \quad (2)$$

donde : b es un coeficiente.

Para $b = 2$, se obtiene una relación intermedia entre las dependencias reportadas en la literatura para rocas muy consolidadas y para rocas no consolidadas.

Ante la ausencia de datos de laboratorio y teniendo en cuenta las características geológicas de la región bajo estudio, con amplio desarrollo de calizas cavernosas, estimamos el contenido de arcilla como: (Schlumberger, 1990), (Walter H. et al., 1980).

$$\text{Car} = (\text{DIg})^2 \quad (3)$$

3.6.-Evaluación de la porosidad de las capas.

Para el cálculo de la porosidad de las capas fue asumido un modelo colector con porosidad intergranular, dado el reducido complejo de métodos geofísicos de pozo disponibles, que no permiten hacer una verdadera valoración de la resistividad de la roca cavernosa y la resistividad del bloque para poder estimar la porosidad de caverna.

La relación más general para los sedimentos con porosidad intergranular es la ecuación de Archie, que establece:

$$F = a * \Phi^m = \text{Rto}/\text{Rw} \quad (4)$$

donde:

F – Factor de formación.

Φ – Porosidad de la roca.

Rto – Resistividad de la roca 100 % saturada de agua.

Rw – Resistividad del agua que satura la roca.

a – Constante.

m – Coeficiente de cementación.

En formaciones compactas y cementadas la relación más probable es:

$$F = \Phi^{-2} \quad (5)$$

donde: $a = 1$ y $m = 2$.

Ante la ausencia de datos de laboratorio y teniendo en cuenta que el corte geológico presente en nuestra área de estudio tiene un gran desarrollo cárstico y que los colectores muy cavernosos y fracturados presentan un comportamiento semejante al de los colectores intergranulares en lo que respecta a la relación entre el factor de formación y la porosidad, se decidió estimar la porosidad empleando $m = 1.3$ que es el coeficiente de cementación característico para colectores in-

tergranulares en rocas no consolidadas con geometría esférica de los poros, quedando la ecuación de Archie de la siguiente forma: (Aguilera R., 1976), (Ruiz J. y Kobr M., 1988).

$$F = \Phi^{-1.3} \quad (6)$$

donde: $a = 1$ y $m = 1.3$.

3.7.-Determinación de la porosidad efectiva.

Fue estimada según la siguiente expresión: (Ruiz J. y Kobr M., 1988).

$$\Phi_{\text{ef}} = \Phi - \text{Car} * \Phi_{\text{arc}} \quad (7)$$

donde:

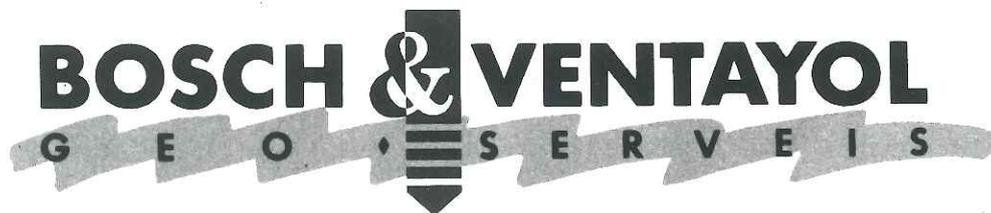
Φ_{ef} – Porosidad efectiva.

Φ – Porosidad obtenida por métodos eléctricos.

Car – Contenido de arcilla de la capa.

Φ_{arc} – Porosidad de la arcilla (ante la ausencia de datos de laboratorio fue asumida como 30 %).

El cálculo de la arcillosidad y la porosidad de las capas fue realizado empleando el software desarrollado en el Departamento de Geofísica del ISPJAE (Rodríguez W. y Valcarce R., 1992).



SONDEOS GEOTÉCNICOS.

SONDEOS EN SUELOS CONTAMINADOS.

INGENIERÍA GEOLÓGICA. GEOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE.

HIDROGEOLOGÍA. PIEZÓMETROS.

RECONOCIMIENTOS GEOLÓGICOS.

C/ Rocafort, 261, ático 2.^a - 08029 Barcelona.

Tel. (93) 778 08 16. Fax (93) 439 25 90

3.8.—Caracterización litogeofísica del corte,

Para caracterizar la litología presente en cada pozo fueron empleadas las técnicas de clasificación estadísticas multivariadas (Alfonso J., 1989) y se tuvo en cuenta la información geológica disponible.

Las variables empleadas en este análisis estadístico multivariado fueron: Ig, F, Ddp, sobre las que fueron aplicadas las técnicas de:

- Análisis Euclidiano de Agrupación.
- Análisis Discriminante Cuadrático.
- Regla del Vecino más Cercano.

Este procesamiento se realizó empleando el software desarrollado en el Departamento de Geofísica del ISP-JAE (Escartín E. et al., 1988).

3.9.—Determinación de los parámetros hidrodinámicos (Klimentov P., 1982), (Ruiz J. y Kobr M., 1988).

3.9.1.—Velocidad de filtración.

Es calculada a partir de la velocidad de dilución de la solución salinizada homogéneamente de forma artificial en el pozo, a partir de la expresión:

$$Vd = 1.81 dp / (t2 - t1) \log (C1 - C0) / (C2 - C0) \quad (8)$$

donde:

- Vd — Velocidad de dilución.
- dp — Diámetro de pozo.
- C1, C2 — Concentración del electrolito en el pozo, en los tiempos t1 y t2.
- C0 — Mineralización natural del agua.

La velocidad de filtración del agua en las rocas se estima como:

$$Vf = Vd / \alpha \quad (9)$$

donde:

- α — coeficiente de distorsión del campo hidrodinámico. En este trabajo consideramos $\alpha = 2$.

3.9.2.—Coeficiente de filtración.

Se hace uso de la ley exponencial de flujo que expresa:

$$Kf = Vf / (Gi)^n \quad (10)$$

donde:

- Gi — Gradiente hidráulico.
- Vfp — Velocidad de filtración promedio para un intervalo acuífero determinado.
- n — Exponente del flujo, varía entre 0.5 y 1.

n = 0.5 para flujo turbulento puro.

n = 1 para flujo laminar puro.

En condiciones de gradiente natural del acuífero, puede ser asumido flujo laminar puro y fue empleado entonces n = 1 (Mijailov L., 1989).

3.9.3.—Transmisividad.

Calculada según la expresión:

$$T = Kfp * Hef \quad (11)$$

donde:

Kfp — Coeficiente de filtración promedio para todo el intervalo acuífero.

Hef — Espesor efectivo del acuífero.

3.9.4.—Salinidad natural del agua subterránea.

Determinada como:

$$Cw = a * Rw^b \quad (12)$$

donde:

Rw — Resistividad natural del agua subterránea.

Cw — Salinidad natural del agua subterránea.

a y b — Coeficientes que para temperatura igual a 25°C resultan: a = 5.77 y b = -1.087.

3.9.5.—Espesor de agua dulce.

Determinado desde el nivel estático hasta donde el registro de resistimetría natural marca 5 Ω m, lo que define una salinidad del agua subterránea de 1 g/l a 25°C.

3.9.6.—Profundidad y espesor de la zona de interfaz.

Determinado según el registro de resistimetría natural, entre la salinidad 1 g/l hasta 33 g/l.

El cálculo de cada uno de los parámetros hidrodinámicos fue realizado a partir del software desarrollado al efecto (Valcarce R. et al., 1992).

3.10.—Estudio de las posibles dependencias entre parámetros hidrodi-

námicos y parámetros geofísicos medidos y/o interpretados.

Fueron estudiadas correlaciones lineales simples y múltiples entre la Vf y datos de los registros geofísicos de pozo medidos y/o interpretados (Alfonso J., 1989), (Escartín E. et al., 1988).

4.—Análisis de los resultados

4.1.—Caracterización litogeofísica del corte.

Del análisis estadístico multivariado realizado y la información disponible en la descripción litológica de los pozos, es posible plantear un modelo que considera 5 clases litogeofísicas en el área bajo estudio, caracterizadas según la **Tabla 1**.

El grupo 1 refleja los mayores valores de Ddp lo que indica un mayor desarrollo cársico.

El grupo 2 presenta valores máximos de Rt y F, que reflejan una porosidad promedio de 3 %. Ello hace pensar en rocas duras, recristalizadas.

El grupo 3 y 4 defieren básicamente por los valores de Ig, y ello permite inferir la mayor arcillosidad y/o composición organógena de las rocas del grupo 4.

El grupo 5 se caracteriza por valores elevados extremos de Ig.

Atendiendo a estas características y a la descripción litológica de los pozos es posible asociar a cada grupo las siguientes litologías:

Grupo 1: Caliza muy cavernosa por partes arcillosa o margosa.

Grupo 2: Rocas en proceso de recristalización.

Grupo 3: Caliza con matriz arenosa algo dolomitizada con oquedades poco profundas.

Grupo 4: Caliza con matriz arenosa algo dolomitizada con oquedades poco profundas y mayor contenido organógeno y/o arcilloso.

TABLA 1

RESULTADOS DE LA APLICACION DEL ANALISIS EUCLIDIANO DE AGRUPACION PARA LA CARACTERIZACION LITOGEOFISICA DEL CORTE

| Grupo | Ddp (m) | Ig (μ r/h) | F |
|-------|---------|-----------------|------|
| 1 | 0.34 | 4.31 | 10.8 |
| 2 | 0.06 | 3.49 | 75.2 |
| 3 | 0.07 | 1.64 | 9.4 |
| 4 | 0.01 | 4.18 | 8.9 |
| 5 | 0.009 | 7.69 | 12.7 |

Grupo 5: Caliza masiva organógena y/o arcillosa.

4.2.—Resultados del estudio de la correlación lineal simple y múltiple entre parámetros hidrodinámicos y datos de los registros geofísicos de pozo.

4.2.1.—Regresión lineal simple.

Fue tomada una muestra de 208 puntos. Nótese que este estudio se ha hecho considerando la velocidad de dilución del electrolito en el pozo (Vd). De cualquier manera, Vd es la magnitud obtenida directamente de la interpretación del método de resistivimetría con salinización y es un reflejo directo de la Vf.

Los modelos obtenidos para toda la muestra pueden verse en la **Tabla 2**.

Fueron verificadas las pruebas de hipótesis de existencia o no de correlación para un 95 % de probabilidad. Los resultados se reflejan en la **Tabla 2**.

En estos resultados se destaca que:

a) Al analizar toda la muestra, los mayores valores de r se obtienen con las variables P y Ddp.

b) Al aumentar el Ddp, aumenta la Vd. Un incremento del parámetro Ddp, refleja un incremento en el desarrollo del carso y ello influye en un aumento de la velocidad de filtración del agua subterránea.

c) La correlación entre Vd y P es inversa, lo que está reflejando una disminución del desarrollo cársico con el incremento de la profundidad. Esto pudo comprobarse al ser calculado el coeficiente de correlación lineal entre P y Ddp que resultó ser igual a -0.55.

d) Un incremento de la porosidad

estimada de las rocas influye en el aumento de la velocidad de filtración del agua.

e) La correlación lineal entre Vd y Car no es estable, y se caracteriza por un coeficiente de correlación negativo, indicando que un incremento de la intensidad gamma natural, refleja en cierta manera, un incremento del contenido de arcilla y una disminución de la permeabilidad de la roca.

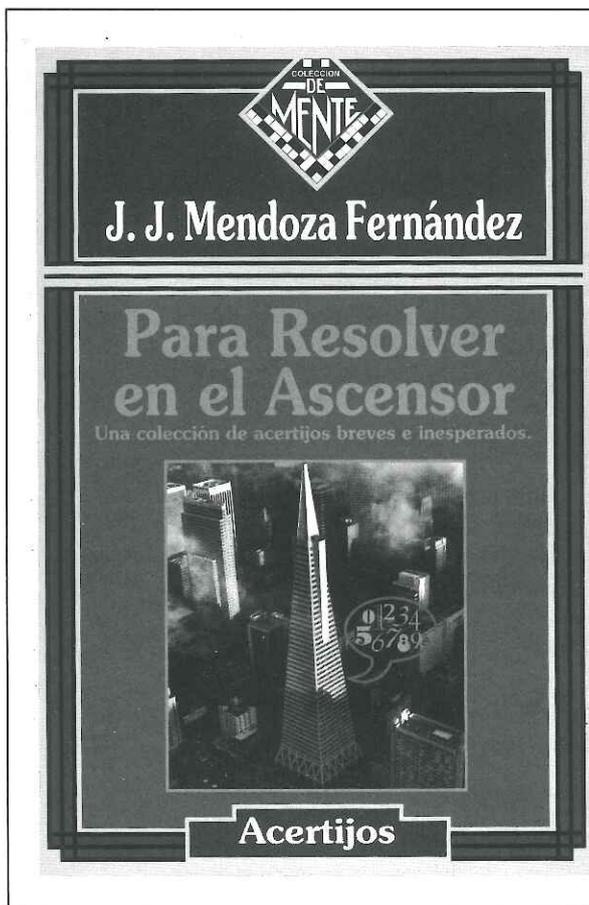
f) Los bajos valores del coeficiente de correlación lineal simple obtenido en estos modelos, no permiten predecir con suficiente precisión la velocidad de filtración del agua, atendiendo solamente a las propiedades colectoras de las rocas.

Al hacer este mismo análisis para cada grupo litogeofísico obtenido del análisis estadístico multivariado, no se obtienen coeficientes de correlación significativamente superiores, incluso para algunos grupos las correlaciones entre (Vd, Car), y (Vd, Φ) son menores a las ya obtenidas para toda la muestra. Esto último refleja que en la clasificación litogeofísica obtenida, existen dientes mode colectores, es decir, colectores con diferentes estructuras en su espacio poral.

TABLA 2

**MODELOS DE CORRELACION LINEAL SIMPLE OBTENIDOS
(N = 208)**

| Ecuación | r | Tipo de correlación |
|---------------------------------|--------|-------------------------------|
| Vd = 0.18 P + 27 | - 0.54 | Correlación lineal estable |
| Vd = 45.8 Ddp + 11 | 0.56 | Correlación lineal estable |
| Log (Vd) = - .52 Car + 1.13 | - 0.22 | Correlación lineal no estable |
| Log (Vd) = .23 Log Φ + 1.3 | 0.29 | Correlación lineal no estable |



Este libro contiene una colección de acertijos breves que pueden resolverse mentalmente en pocos segundos... los que tarda un viaje en ascensor. Pensados para entretener y divertir, su brevedad no significa que la respuesta sea evidente: gran parte de la diversión consiste en descubrir cómo lo que parece obvio es, en realidad, incorrecto, y lo que parece imposible tiene una muy simple solución. Por eso, conviene que el lector enfrente cada acertijo con lógica y también con humor: así lo disfrutará plenamente.

Si deseas adquirir
un ejemplar ponte en contacto
con nosotros en:

ZUGARTO EDICIONES
Pablo Aranda, 3
28006 Madrid
Teléfono: 4114264 Fax: 5622677

El eje horizontal X representa a la variable Log (I_g)

X min=-.3005717 X max= 3.730936

El eje vertical Y representa a la variable Log (F)

Y min= .1502297 Y max= 2.400149

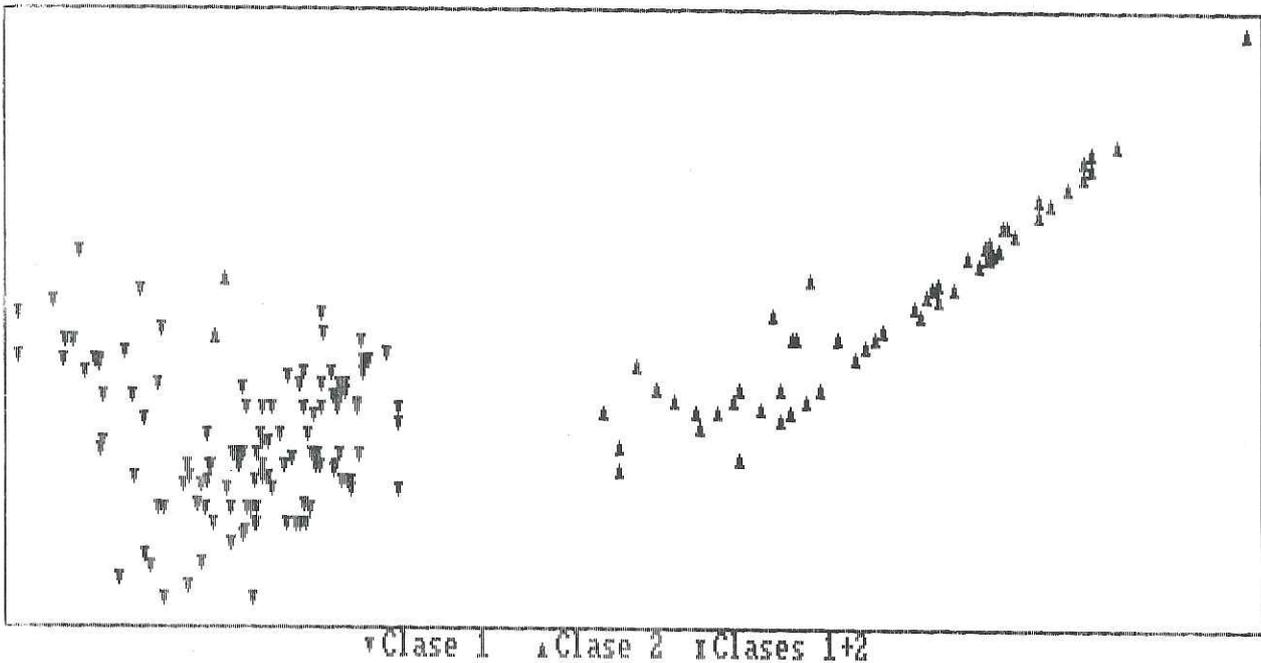


Figura 2. Gráfico cruzado de las variables Log(I_g) vs Log(F).

4.2.2.-Regresión multivariada.

La ecuación de correlación lineal múltiple obtenida para toda la muestra (N= 208), fue la siguiente:

$$Vd = -0.098 P + 31.4 Ddp + 0.14 I_g + 13.67 \Phi + 16.13 \quad (13)$$

con un coeficiente de correlación lineal múltiple R = 0.64.

En este modelo se ratifican las conclusiones ya planteadas en el análisis de correlación lineal simple.

Fue verificada la prueba de hipótesis que permite definir si el valor de R es o no significativo y se obtuvo como resultado que el modelo en su conjunto es capaz de explicar el comportamiento de la variable dependiente Vd. No obstante, teniendo en cuenta que el coeficiente de correlación lineal múltiple obtenido no es elevado, debe considerarse que en la práctica no es posible predecir con suficiente precisión el valor de la veloci-

dad de filtración del agua subterránea a partir de este modelo.

En estas ecuaciones se han expresado:

- P en metros.
- Ddp en metros.
- Car en fracción.
- Vd en metros/día.

Al explorar la estructura interna de los datos, a partir de la proyección simple de las variables Log(I_g) vs Log(F), se aprecia claramente que se separan 2 grupos (Figura 2), los cuales, después de haber sido depurados con la técnica de Análisis Discriminante Cuadrático resultaron tener los valores promedios que se presentan en la **Tabla 3**.

Estos grupos no guardan relación alguna con la clasificación litogeofísica obtenida del Análisis Euclidiano de Agrupación y caracterizan 2 modelos colectores diferentes:

Grupo A: Con elevada Φ , bajo Car y elevada Vd.

Grupo B: Con baja Φ , valores medios de Car y sin embargo elevada Vd. Al estudiar las relaciones entre Vd y parámetros geofísicos en pozo se obtuvo:

Grupo A:

$$Vd = -0.17 P + 26 \quad r = -0.55 \quad (14)$$

$$Vd = 44.8 Ddp + 11.2 \quad r = 0.62 \quad (15)$$

$$\text{Log}(Vd) = 0.77 \text{Log}(\Phi) + 1.7 \quad r = 0.72 \quad (16)$$

$$\text{Log}(Vd) = -0.6 \text{Car} + 1.15 \quad r = -0.2 \quad (17)$$

$$\text{Log}(Vd) = 0.68 Ddp + 0.53 \text{Log}(\Phi) - 29 \text{Car} + 1.5 \quad R = 0.8 \quad (18)$$

Grupo B:

$$Vd = -0.23 P + 31.9 \quad r = -0.58 \quad (19)$$

$$Vd = 67 Ddp + 11 \quad r = 0.59 \quad (20)$$

$$\text{Log}(Vd) = -0.13 \text{Log}(\Phi) + 0.9 \quad r = -0.15 \quad (21)$$

$$\text{Log}(Vd) = -0.95 \text{Car} + 1.17 \quad r = -0.4 \quad (22)$$

$$\text{Log}(Vd) = -0.15 \text{Log}(\Phi) + Ddp - 0.49 \text{Car} + 0.85 \quad R = 0.57 \quad (23)$$

TABLA 3

VALORES MEDIOS PARA LOS GRUPOS DEFINIDOS EN LA PROYECCION SIMPLE Log (I_g) vs Log(F)

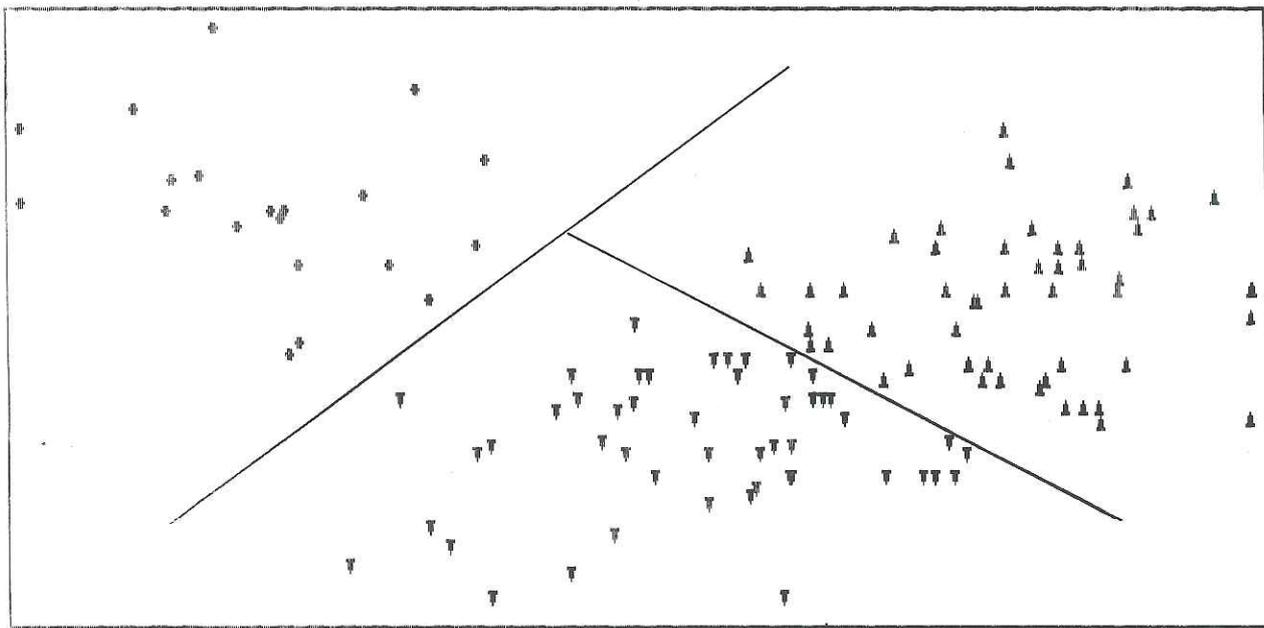
| Grupo | N | Rt (Ωm) | Φ (%) | Car (%) | Vd (m/d) |
|-------|-----|---------|-------|---------|----------|
| A | 120 | 127 | 20 | 3 | 15 |
| B | 67 | 538 | 5 | 10 | 15 |

El eje horizontal X representa a la variable Log (I_g)

X min=-.2834142 X max= . 9642817

El eje vertical Y representa a la variable Log (F)

Y min= . 1713813 Y max= 1.538222



▽ Clase 1 ▲ Clase 2 ◻ Clase 3 ▽ Clases 1+2 ▲ Clases 2+3 ◻ Clases 1+3 ▽ Clases 1+2+3

Figura 3. Resultados del Análisis Euclidiano de Agrupación sobre las variables I_g y F para los colectores neointergranulares.

Evidentemente:

a) Para el grupo A, la ecuación de Archie con $m = 1.3$, resulta efectiva en la estimación de la Φ reafirmando que para colectores de alta Φ y pequeños Car, las ecuaciones de los diferentes modelos colectores, tienden a la Ecuación de Archie. Este grupo presenta un comportamiento similar al de los colectores intergranulares, debido posiblemente a su elevado desarrollo cársico, por ello lo hemos denominado colectores neointergranulares.

b) Para el grupo B, su Φ no resulta elevada, pero su permeabilidad si es alta, expresada por el valor promedio de Vd. A este grupo le hemos denominado colectores arcillosos de estructura compleja y consideramos que debe ser aplicado otro modelo de interpretación para la estimación de la Φ y no sencillamente la Ecuación de Archie.

c) Como resultado de esta etapa de la investigación, quedan definidas 2 muestras de entrenamiento para el área que permiten separar las capas según 2 modelos colectores diferentes.

Para explorar la estructura interna de la clase patrón definida para los colectores neointergranulares, fue aplica-

TABLA 4

RESULTADOS DEL ANALISIS EUCLIDIANO DE AGRUPACION PARA LA CLASE PATRON COLECTORES NEOINTERGRANULARES

| Grupo | N | Φ (%) | Car (%) | Vd (m/d) |
|-------|----|------------|---------|----------|
| 1 | 48 | 36 | 2 | 22 |
| 2 | 52 | 20 | 12 | 12 |
| 3 | 20 | 10 | 0 | 5 |

do sobre estos datos, el Análisis Euclidiano de Agrupación con las variables Log(I_g) y Log(F). El resultado del modelo de clasificación con 3 clases, se presenta en la Tabla 4.

En el plano Log(I_g) vs Log(F) se aprecia claramente la separación de estas 3 clases (Figura 3) y la Tabla 4 refleja total correspondencia entre la velocidad del agua y las propiedades colectoras estimadas.

5.-Conclusiones

a) A pesar del reducido complejo de métodos geofísicos en pozo disponibles, después de un riguroso procedimiento a los datos, se ratifica la eficiencia de la geofísica en pozos para la solución de tareas hidrogeológicas.

b) La aplicación del Análisis Euclidiano de Agrupación y la informa-

ción geológica disponible permitieron separar las características litológicas fundamentales del corte bajo estudio.

c) A partir del análisis de regresión lineal simple y múltiple entre la velocidad del agua subterránea y parámetros geofísicos en pozos, medidos y/o interpretados, se establece que:

- La velocidad de filtración del agua subterránea aumenta con el desarrollo del curso y éste disminuye en profundidad.

- Un incremento de la porosidad estimada de las rocas influye en el aumento de la velocidad de filtración del agua subterránea.

- Un incremento de la intensidad gamma natural refleja en cierta manera, un incremento del contenido de arcilla y una disminución de la permeabilidad de la roca.

d) El análisis del gráfico cruzado de las variables Log(I_g) y Log(F) per-

mitió definir al menos 2 modelos colectores diferentes:

- Colectores muy cavernosos o neointergranulares.
- Colectores arcillosos de estructura compleja.

Para los colectores neointergranulares se obtuvo una correlación estrecha entre la Vd y la Φ estimada por la ecuación de Archie. Así mismo para estos colectores se obtuvo un elevado coeficiente de correlación lineal múltiple entre la Vd, Ddp, Φ y Car.

e) Del análisis de perfiles resulta que:

- En general la porosidad efectiva varía entre 10 y 35 %.
- La Vf, Kf, T tienen gran variabilidad lateralmente y en profundidad lo cual es típico de acuíferos cársicos. El rango de variación de estos parámetros es:

Vf: 2 a 20 m / d

Kf: 200 a 6.000 m / d

T: 2.500 a 100.000 m² / d

Perfil 1: El espesor de agua dulce es variable. Se destaca que en la parte central del perfil, no se corta el contacto agua dulce-agua salada aunque los pozos alcanzan 140 m de profundidad. En este perfil el espesor de la zona de interfaz se incrementa hacia el este.

- Perfil 2: El espesor de agua dulce es variable. Se destaca que en la parte central del perfil, no se corta el contacto agua dulce-agua salada aunque los pozos alcanzan 190 m de profundidad.

- Perfil 3: El espesor de agua dulce es aproximadamente de 25 m. Se pudo mapear la zona de interfaz con un espesor aproximado de 11 m, disminuyendo hacia el sur su profundidad y espesor.

- Perfil 4: No pudo mapearse la zona de interfaz, aunque los pozos alcanzan una profundidad promedio de 160 m.

- Perfil 5: Dada la profundidad de los pozos disponibles, no fue posible mapear la zona de interfaz. Hacia el Sur, se cortó el contacto agua dulce-agua salada a los 140 m.

6.-Recomendaciones

a) Consideramos que el complejo de métodos geofísicos de pozo disponibles en las Empresas de Hidroeconomía es en extremo reducido y

por ello insuficiente para dar respuesta a todas las tareas que deben ser resueltas en las investigaciones hidrogeológicas. Ello se acentúa en condiciones hidrogeológicas complejas con amplio desarrollo cársico como la Cuenca Sur de La Habana. Por tanto se recomienda incorporar otros métodos que permitan caracterizar mejor el desarrollo cársico de las rocas y dar respuesta efectiva a un mayor número de tareas hidrogeológicas, como pueden ser:

- Métodos neutrónicos.
- Métodos gamma-gamma densidad.
- Métodos acústicos.

Con estos métodos es posible una mejor definición litológica y una más precisa evaluación de las propiedades colectoras de las rocas (porosidad y arcillosidad).

- Método de corriente enfocada: Para una mejor definición de la resistividad real de la roca y estimación de la porosidad de caverna.

- Método gamma espectral: Para una mejor estimación del contenido de arcilla de la roca, separando el efecto de la composición organógena de las capas en el comportamiento de la Ig natural.

- Termometría con termómetros de mayor sensibilidad que los que actualmente se usan: Ello contribuiría a definir el espesor activo de cada pozo y la dirección del movimiento del agua, incluso por debajo de la zona de interfaz.

- Fotometría: Para evaluar los parámetros hidrodinámicos, incluso por debajo de la zona de interfaz donde el método de disolución de sal no puede ser aplicado.

b) Realizar trabajos de laboratorio que permitan establecer claramente la dependencia entre la Ig de las rocas y su arcillosidad.

c) Aplicar técnicas de clasificación estadística supervisadas, empleando las clases patrones definidas para separar los tipos de colectores presentes en cada pozo y poder aplicar diferentes metodologías de interpretación en la estimación de las propiedades colectoras.

d) Aplicar metodologías de interpretación desarrolladas para colectores complejos, que permitan una mejor estimación de la porosidad para aquellas capas que son clasificadas como colectores arcillosos de estructura compleja.

7.-Agradecimientos

Queremos agradecer al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos por brindarnos la información existente en sus archivos. ■

Bibliografía

- AGUILERA R. (1976): *Analysis of naturally fractured reservoirs from conventional well logs*. JPT, July.
- ALFONSO J. (1989): *Estadísticas de las Ciencias Geológicas*. ISPJAE. Tomos I y II. La Habana.
- ESCARTIN E., RODRIGUEZ ALFONSO J. (1988): *Manual de usuario «Sistema MULVAR»*. Dpto. Geofísica, ISPJAE.
- KLIMENTOV P. (1982): *Metodología de las investigaciones hidrogeológicas*. Editorial MIR, Moscú.
- MJAJILOV L. (1989): *Hidrogeología*. Editorial MIR, Moscú.
- PIÑERO N. (1991): *Informe: Selección y Análisis de materiales geofísicos existentes. Esquema regional precisado*. Habana. Archivo EIPHH.
- POPOV V., LOPEZ E. (1990): *Informe hidrogeológico de la situación actual, materiales predominantes*.
- RODRIGUEZ W. y VALCARCE R. (1992): *Manual de usuario «Sistema SAICAR»*. Dpto. Geofísica, ISPJAE.
- RUIZ J., KOBR M. (1988): *Métodos Geofísicos en Pozos*. Tomo I y II. ISPJAE. La Habana.
- SCHLUMBERGER (1972): *Log Interpretation Chart*. U.S.A.
- SCHLUMBERGER (1990): *Principios/Aplicaciones de la Interpretación de Registros*.
- VALCARCE R., MACIAS A. y RODRIGUEZ W. (1992): *Manual de usuario «Sistema HIDROG»*. Dpto. Geofísica, ISPJAE.
- WALTER H. FERTL (1980): *Evaluation of Shaly Clastic Reservoir Rocks*. JPT, sept.

Relación de símbolos

- P - Profundidad.
- dp - Diámetro de pozo.
- Ddp - Diferencia entre el diámetro de pozo y el diámetro de la barrena de perforación.
- Ig - Intensidad gamma natural.
- Rt - Resistividad real de la roca.
- Rto - Resistividad de la roca 100 % saturada de agua.
- Rw - Resistividad del agua.
- F - Factor de formación.
- m - Coeficiente de cementación de la roca.
- Φ - Porosidad estimada con $m = 1.3$.
- Φ_{ef} - Porosidad efectiva de la roca.
- Car - Contenido de arcilla.
- Vf - Velocidad de filtración del agua subterránea.
- Vd - Velocidad de dilución del electrolito en el pozo.
- Kf - Coeficiente de filtración.
- T - Trasmisividad.
- r - Coeficiente de correlación lineal simple.
- R - Coeficiente de correlación lineal múltiple.

EL PARQUE NACIONAL DEL BOSQUE PETRIFICADO (EE.UU.)



Óscar Blasco Herguedas

Licenciado en Ciencias Geológicas (1987) y diplomado en Ingeniería Geológica (1987) y en Hidrogeología (1989) por la Universidad Complutense de Madrid. Su actividad profesional se ha desarrollado hasta el momento en el departamento de Hidrogeología de la empresa Estudios y Proyectos Técnicos Industriales, S.A. (EPTISA).

En el presente artículo se destacan los aspectos geológicos, paleontológicos y arqueológicos más sobresalientes del Parque Nacional del Bosque Petrificado.

This paper emphasizes the most outstanding geological, paleontological and archaeological aspects of the Petrified Forest National Park.

Introducción

El Parque Nacional del Bosque Petrificado se localiza al E del estado norteamericano de Arizona (Fig. 1), y constituye una de las mayores reservas de conocimiento acerca de la vida sobre la Tierra cuando acababa de comenzar la edad de los dinosaurios. En él se encuentra lo que probablemente es la mayor concentración de madera petrificada del mundo, junto con los restos de muchas otras plantas y animales coetáneos.

Además de la madera petrificada, este parque contiene una gran riqueza de valores paisajísticos, científicos e históricos. Existen muchos otros tipos de fósiles, tanto vegetales como animales, que son tan importantes, si no más, que la propia madera petrificada. A lo largo del parque existen abundantes evidencias de los indios que una vez habitaron la zona. Las plantas y

animales que viven actualmente en el Bosque Petrificado añaden un nuevo interés al parque.

La preocupación de que la madera petrificada desapareciera, debido a la gran cantidad de la misma que era utilizada con fines ornamentales e industriales, hizo que, ya en 1895, las autoridades de Arizona propusieran al Gobierno Federal la protección y preservación de la zona. En 1906 el Bosque petrificado fue declarado Monumento Nacional.

Su posterior declaración como Parque Nacional en 1962 tuvo por objeto no solamente preservar la madera petrificada, sino también el resto de fósiles, los emplazamientos arqueológicos, el paisaje y las plantas y animales del desierto.

El Parque Nacional del Bosque Petrificado consta de dos partes bien diferenciadas. La zona sur contiene las principales concentraciones de madera

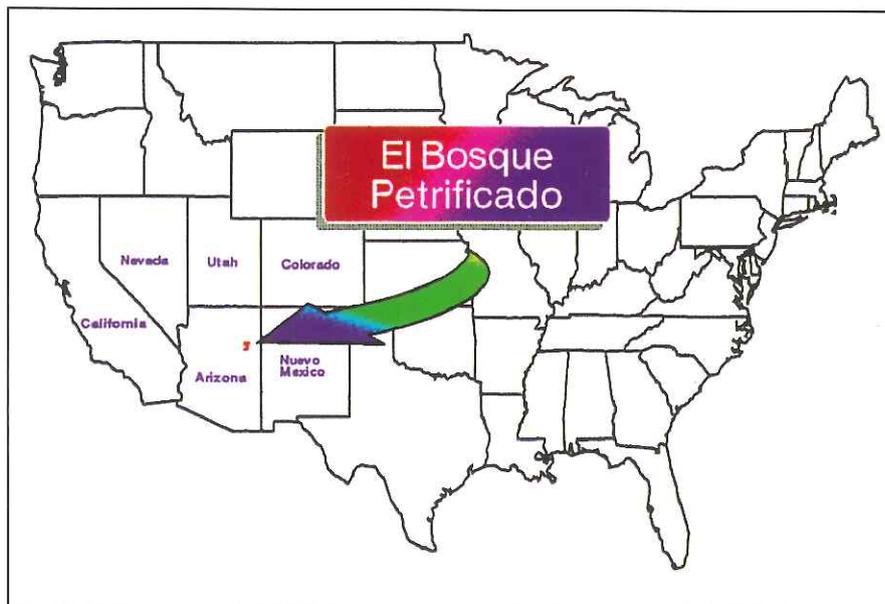


Fig. 1. Localización del Bosque Petrificado

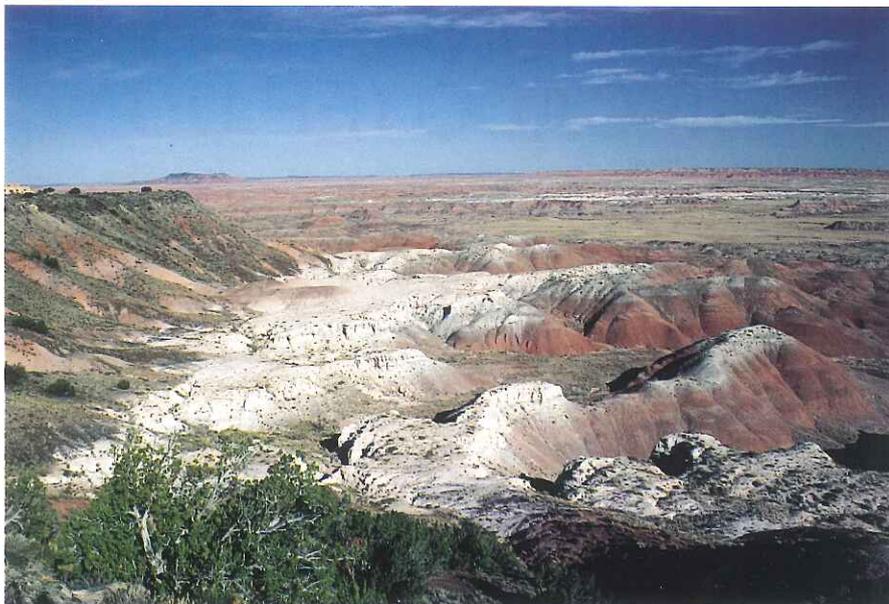


Fig. 2. El Desierto Pintado

petrificada y los restos de la actividad de los indios que habitaban este desierto. Al norte, una extensa y ondulada planicie cubierta de salvia da paso, de una forma abrupta, a las versicolores, aunque yermas, colinas del denominado *Desierto Pintado* (Fig. 2).

Aspectos geológicos

La famosa madera fosilizada del Parque Nacional del Bosque Petrificado está incluida en una multicolor secuencia alternante de rocas sedimentarias denominada Formación Chinle. Las rocas que constituyen el Desierto Pintado también pertenecen a esta formación, que fue depositada hace 220–250 millones de años, durante el Triásico superior.

La Formación Chinle está compuesta por varios tipos de rocas sedimentarias, la mayor parte de las cuales son limolitas y arcillas blandas. Esta formación contiene también algunas capas de areniscas y conglomerados mucho más resistentes a la erosión. Cerca del techo de la formación aparecen estratos de caliza. La mayoría de las capas de la Formación Chinle no presentan una gran extensión superficial, siendo comunes los acunamientos de las mismas y los cambios laterales de facies (Fig. 3).

En el Bosque Petrificado, la Formación Chinle tiene una potencia de casi 300 m. La característica común en todos los afloramientos de esta formación es su variación de color. Los dis-

tintos colores son producidos por las combinaciones de minerales y otras sustancias. Por ejemplo, la amplia gama de tonos rojizos es debida a la variación en el contenido de óxidos de hierro, el yeso es responsable del color blanco, y los restos de materia orgánica producen el color gris.

Además de la variación de color propia de los sedimentos de la formación, las condiciones de luz a lo largo del día, o la humedad producida por la lluvia, provocan una variación añadida a los tonos cromáticos percibidos.

Cuando la Formación Chinle es expuesta a los agentes erosivos, normalmente desarrolla cárcavas. Las ca-

«Constituye una de las mayores reservas de conocimiento acerca de la vida sobre la Tierra cuando acababa de comenzar la edad de los dinosaurios.»

pas de areniscas y conglomerados resisten la erosión, formando mesas. Las capas de material blando se erosionan mucho más rápidamente, generando cuevas. Al desaparecer finalmente la capa protectora de arenisca, los materiales blandos forman cerros cónicos o montículos. La escasez de vegetación en el área acentúa el efecto erosivo de la lluvia, acelerando el desarrollo de las cárcavas (Fig. 4).

Sobre la Formación Chinle, y mediante una paraconformidad, se encuentra la Formación Bidahochi, depositada durante el final del Cenozoico.

La Formación Bidahochi está constituida mayoritariamente por areniscas, limolitas y arcillas ligeramente coloreadas, además de por algunas capas duras de basalto formadas por coladas de lava o cenizas volcánicas.

Desde la deposición de la Formación Bidahochi, la erosión ha excavado profundamente sus materiales y los de la infrayacente Formación Chinle. El proceso erosivo continúa en la actualidad, y cada año es exhumada más



Fig. 3. La Formación Chinle



Fig. 4. La Mesa Azul (Formación Chinle)

madera petrificada y otros fósiles. Se ha calculado que cada año se erosiona medio centímetro de suelo en las cuestas más pronunciadas del parque; en las laderas menos escarpadas la tasa de erosión se reduce a la mitad, y todavía es menor en las zonas planas (Fig. 5).

Ambiente sedimentario

Durante el Triásico superior, el sector nororiental de Arizona era una zona relativamente llana. Al S y SE de la llanura existía una cadena de volcanes. Hacia el O el mar estaba presente en lo que hoy en día es el S de California y el O de Nevada. Muchas corrientes de agua tenían su cabecera en la zona volcánica y cruzaban la llanura en su camino hacia el mar. Entre los cauces existían suaves colinas, pantanos, marismas y pequeños lagos. El clima era cálido y húmedo, como corresponde a una zona tropical, y la tierra estaba cubierta por una densa vegetación constituida por helechos, *quisetáceas* (colas de caballo) y *cycadáceas* (plantas que por su aspecto se asemejan a las palmeras, aunque no están directamente relacionadas con ellas).

Peces, almejas, caracoles y cangrejos eran abundantes en los ríos y en los lagos. Numerosos tipos de insectos también vivían en el área, incluyendo varias especies de escarabajos y otros semejantes a las actuales langostas. El cielo sobre la llanura era surcado por reptiles voladores (*pterosaurios*) y pla-

neadores (*icarasaurios*). Sobre la tierra habitaba una gran variedad de anfibios, reptiles y protomamíferos.

Las corrientes de agua que atravesaban el área transportaban troncos de plantas derribadas en las zonas elevadas de cabecera. Algunos de estos troncos arrastrados, además de los caídos en la llanura, fueron cubiertos con sedimentos en el fondo de los cauces o depositados en las llanuras de inundación durante las crecidas. Del mismo modo, las hojas y semillas de las plantas, así como los restos de los animales muertos, se fueron acumulando en zonas de baja energía que, periódicamente, eran cubiertas por los sedimentos transportados por los ríos. Este proceso se repitió una y otra vez.

Fosilización

En el Bosque Petrificado se han producido varios tipos de fosilización. La mayoría de la madera y de los huesos fue *petrificada*. Existen dos tipos de petrificación.

En la primera, toda, o prácticamente toda la materia orgánica del fósil es reemplazada por materia mineral. El fósil tiene la forma externa del objeto, pero apenas se conserva su estructura interna. En el Bosque Petrificado, la mayoría de los troncos han sido reemplazados, al menos en parte, por variedades de cuarzo, como mineral fundamental (Fig. 6).

En el segundo tipo de petrificación, las células y otros espacios del

fósil fueron rellenos con materia mineral, pero la mayor parte de la materia orgánica original se conserva. En este tipo de petrificación, denominada *permineralización*, la mayoría de los detalles celulares del fósil son observables al microscopio. Únicamente una pequeña proporción de los troncos, tocones y huesos del parque han sido permineralizados. Es común la existencia de troncos que han sido parcialmente permineralizados y parcialmente reemplazados.

Muchas de las hojas, semillas, piñas, granos de polen, esporas y pequeños tallos, junto con algunos restos de animales tales como escamas de peces, han sido preservados como *fósiles comprimidos*. Éstos se forman cuando el resto orgánico es enterrado y comprimido por el peso de los sedimentos suprayacentes, conservándose únicamente en la roca una delgada película de material carbonoso que puede, a veces, mostrar un gran detalle.

El agua que suministró la sílice para la petrificación también contenía otros elementos que fueron incorporados en la madera fósil, y que son los responsables de la variedad de colores en la misma. El hierro, probablemente el elemento incorporado más común después del silicio, produjo variados tonos de rojos, amarillos, marrones e, incluso, azules. El cobalto y el cromo, bastante más raros, son responsables de la gama verde y azul. El carbón y, algunas veces, el manganeso, añadieron el negro (Fig. 7).

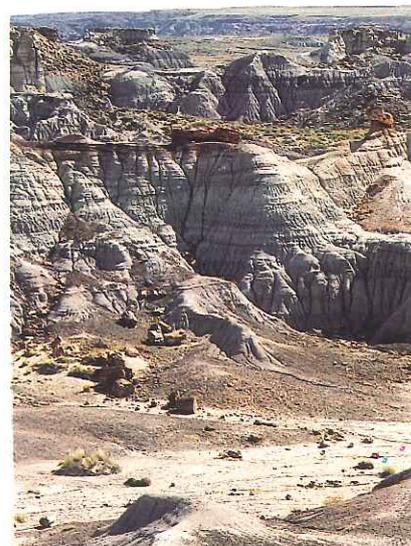


Fig. 5. Erosión diferencial producida por la presencia de troncos petrificados.

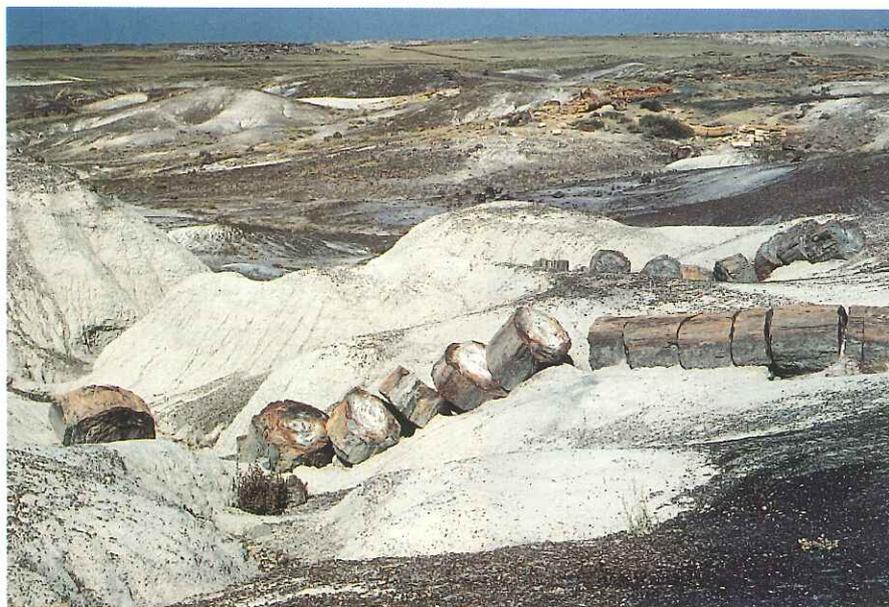


Fig. 6. Troncos petrificados en el sector del Bosque de Cristal

Los indios

En el parque se han localizado aproximadamente 300 ruinas y otros emplazamientos arqueológicos indios. La importancia de las ruinas varía entre refugios de una sola habitación hasta pueblos de 75 casas. No todas las ruinas estuvieron habitadas a la vez.

La interpretación que de los troncos petrificados hicieron las diferentes tribus de indios que habitaron la zona variaba desde considerarlos las flechas de su Dios del Trueno, *Shinuav*, hasta identificarlos como los huesos del monstruo *Yietso*, el «Gran Gigante», al que sus antecesores habían matado cuando llegaron a estas tierras.

Uno de los legados artísticos indios más espectaculares de entre los que se encuentran en el Parque Nacional del Bosque Petrificado son los miles de petroglifos o dibujos plasmados sobre la roca. Estos dibujos fueron realizados cincelandos la patina de color marrón oscuro que aparece sobre la superficie de las areniscas expuestas a la intemperie, conocida con el nombre de *barniz del desierto*, hasta que aparece debajo la roca sana, de un color más claro.

La observación de la naturaleza inspiró a los creadores de los petroglifos, aunque también aparecen figuras geométricas simples y complejas.

Además de su significado ceremonial o artístico, varios petroglifos parecen ser calendarios solares. En los solsticios y/o equinoccios, un rayo de sol se mueve sobre el dibujo, normalmente espirales o círculos, hasta alcan-

zar su centro. Esto no ocurre en ninguna otra época del año.

El principal punto de observación de petroglifos en el parque es la denominada *Roca del Periódico*, en la que muchas de sus superficies están cubiertas por cientos, si no por miles, de dibujos (Fig. 8).

En algunos lugares, los petroglifos se encuentran sobre paredes verticales a una altura de 4 ó 5 metros sobre el suelo. Sin asideros o salientes en la roca, y sin escaleras ¿cómo pudo realizar el artista su obra a esta altura?: pues probablemente desde el suelo existente hace cientos de años, que ha sido eli-

«Se ha calculado que cada año se erosiona medio centímetro de suelo en las cuestas más pronunciadas del parque.»

minado por la erosión posterior hasta hacerlo descender a su posición actual.

Datos útiles para una visita

El Parque Nacional del Bosque Petrificado se localiza al E del estado de Arizona, y es atravesado por la autopista interestatal 40. La ciudad más cercana al mismo es Holbrook, situada a 40 km de distancia.

En la visita al Parque Nacional del Bosque Petrificado se emplea un día.

Al contrario que en otros parques norteamericanos, existen pocos senderos que permitan «patear» el terreno. La visita se efectúa, fundamentalmente, desplazándose en automóvil de mirador en mirador.

El parque tiene dos entradas, y en cada una de ellas se localizan sendos centros de atención al visitante, en los cuales se ofrece una amplia información sobre el parque y sobre las actividades que se pueden realizar.

Está terminantemente prohibido recolectar madera petrificada, fósiles,

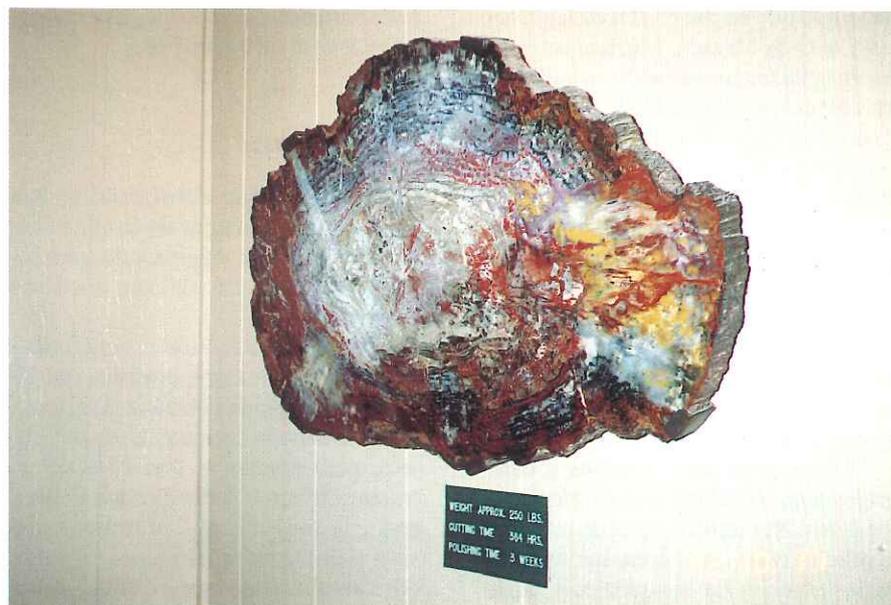


Fig. 7. Sección de un tronco petrificado (en el cartel: Peso 250 libras, Tiempo de corte 384 horas, Tiempo de pulido 3 semanas)



Fig. 8. La Roca del Periódico

rocas o restos arqueológicos dentro de los límites del parque. A la salida, los visitantes son interrogados al respecto y, en el peor de los casos, tanto ellos como el automóvil pueden ser sometidos a un registro. Las sanciones para los infractores son elevadas.

La única forma legal de llevarse un recuerdo del parque es adquirirlo en las tiendas de regalos de los centros de visitantes. La madera petrificada que se vende en estas tiendas ha sido recolectada en terrenos privados situados fuera del parque.

«En los solsticios y/o equinoccios, un rayo de sol se mueve sobre el dibujo, normalmente espirales o círculos, hasta alcanzar su centro.»

En el caso más común de que se piense visitar otros parques nacionales, es recomendable adquirir en la entrada del mismo el *Golden Eagle Pass*, que cuesta 25 \$ por automóvil y permite el acceso a todos los Parques Nacionales de Estados Unidos durante un período de un año.

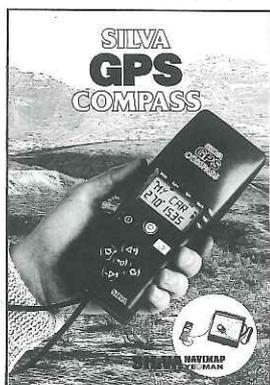
Los parques o monumentos nacionales más próximos al Bosque Petrificado son el Gran Cañón, el Cañón de Chelly y el Morro. ■

Bibliografía

ASH, S. (1985): "Petrified Forest. The story behind the scenery"; KC Publications, Inc. Las Vegas, NV.

EQUIPO GPS SATELITE

¡NUEVO!!



- Memoria interna de 1.000 posiciones.
- Indica en pantalla: coordenadas geográficas y UTM.
- Opera con 5 satélites simultáneos.
- Brújula digital interna.
- Salida RS232 para ordenador.
- Opcionales: batería recargable, plotter, ... etc.
- Precio: 98.500 + IVA

ALTIMETRO PRECISION



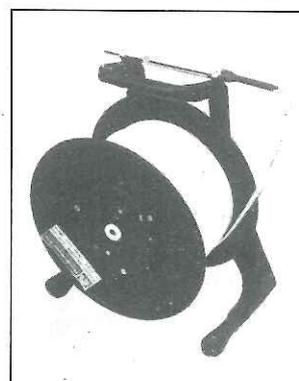
- Alta precisión: 50 centímetros (muy útil en hidrología, cuaternario, etc...).
- Rango: -500 a + 10.000 m.
- Indica: altura, alarmas sonoras programables en altura, presión absoluta y relativa, tendencia de tiempo, etc...
- Tamaño: 9 x 5 cm.
- Precio: 48.000 + I.V.A.

ANALIZADOR AGUAS PORTATIL



- Indica las ppm de cada elemento en el agua.
- Válido para: Al, Br, Cl, I, Cr, Cu, Fe, F, Mn, Mo, N, Nitratos, Nitritos, Ozono, Fosfatos, K, Sulfatos, Sulfuros, Zn, pH, Oxig. dis., etc...
- Salida RS232 para ordenador.
- Automático: no precisa cambiar de filtros.
- Portátil para campo.
- Precio: 199.500 + I.V.A.

HIDRONIVEL PARA POZOS



- Alarma sonora al tocar el agua.
- Fabricación alemana, con cable de acero reforzado.
- Opcional: sensor para fondo de pozo, botella tomamuestras de agua (1/2 litro) acoplable.
- Disponible en longitudes: 30, 100, 200, 300 y 500 metros.
- Precios:
 - 30 m.: 48.800 + I.V.A.
 - 100 m.: 83.300 »
 - 200 m.: 127.975 »



GEONATURA

C/ García de Paredes, 20 - 28010 MADRID
Tels. (91) 593 06 34 - 593 03 71 - Fax 446 76 92

... y cientos de artículos para Geología e Ingeniería (martillos, brújulas, estereoscopios, etc...)

ARIDOS

*Aridos naturales y de machaqueo
para la construcción (2.ª Edición)*

THE GEOLOGICAL SOCIETY

Publicación Especial n.º 9 sobre Ingeniería Geológica

editado por M. R. Smith & L. Collis

editado en versión española por

L. E. Suárez & M. Regueiro



Vendidos más

de

1.500 ejemplares

Tenemos el gusto de presentarle, la versión española del manual de **ARIDOS**, subtítulo **áridos naturales y de machaqueo para la construcción**. Este libro de más de 400 páginas y de más de 200 figuras, ha sido galardonado con el Trofeo Brewis de la Sand and Gravel Association (SAGA), siendo comentado por la prestigiosa **Canadian Geotechnical Journal** de esta manera: **"Si su trabajo tiene que ver con el uso de los áridos, compre este libro y no lea más"**.

Además de estos reconocimientos, las razones que nos ha llevado al ICOG a adquirir los derechos de la versión española a la Geological Society fueron:

1.-Sin miedo a equivocarnos, podemos afirmar que es el **más avanzado manual de áridos** editado en lengua inglesa, totalmente actualizado, ya que esta segunda edición fue publicada en 1993.

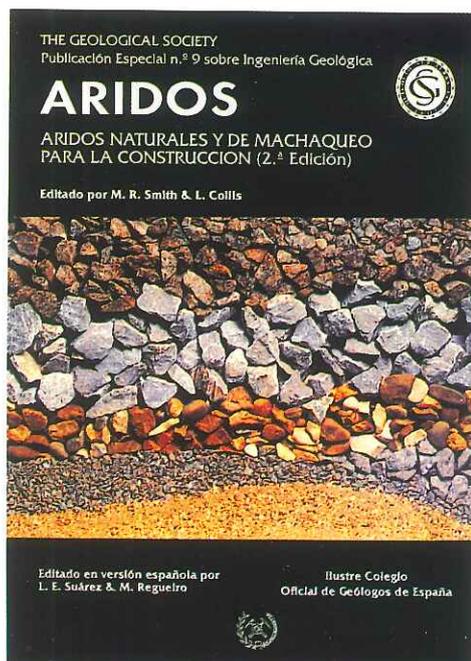
2.-Puesto que en España y demás países de la Unión Europea, la normativa de áridos está siendo adaptada a las directrices del Comité Europeo de Normalización CEN/TC 154 "Aggregates", este libro **nos informará sobre la normativa de áridos europea en el horizonte del año 2000**, dado que el Reino Unido es el país más avanzado en el conocimiento técnico de los áridos, estando un importante número de presidencias de los subcomités y la secretaría del CEN/TC 154, gestionadas para la British Standard Institution.

3.-Además de la versión española, los capítulos normativos están completados por addendas realizadas por el panel de Presidentes del Comité Técnico de Normalización AEN/CTN 146 "Aridos", en las que analizan la normativa española en el proceso de normalización europea.

En definitiva, este libro no es una foto fija acerca de los áridos de España. Si quiere conocer todo acerca de la normativa de los áridos en España, pero **necesita saber cuál será el estado del arte de los áridos en España en el horizonte del año 2000**, a causa del proceso de armonización normativa europea, adquiera este libro: será una referencia esencial y valiosa que Vd. podrá utilizar durante muchos años.

Si es de su interés adquirir ese manual de ARIDOS, envíenos la tarjeta de encargo adjunta, bien por Fax (91) 5330343, correo o telefónicamente (91) 5532403 y se lo remitiremos con celeridad.

460 páginas. Noviembre 1994. PRECIO: 5.500 pts.



TARJETA DE PETICION

Les ruego me envíen al precio de 5.500 ptas.

+ 600 ptas para gastos de envío por ejemplar:

TOTAL

CIF o DNI: N.º COLEGIADO

NOMBRE:

EMPRESA:

CALLE:

POBLACION:

CP: TFNO.:

FECHA: Firma:

FORMAS DE PAGO

A nombre del Colegio Oficial de Geólogos de España

Adjunto cheque por ptas.

Transferencia Bancaria a la C/C n.º 0601372378 BANCO POPULAR (Ag 0075). Glorieta de Cuatro Caminos, n.º 4. 28003 MADRID. (Adjuntar fotocopia)

Se ruega remitan sus pedidos a: ICOG, Avda. Reina Victoria, n.º 8, 4.º B.

PANORAMA EDAFICO DE LA COMUNIDAD DE MADRID



Teresa Olmos Palomero

Licenciada en Ciencias Geológicas por la U.C.M., en 1988.

Colabora en el Departamento de Conservación de Suelos del Centro de Ciencias Medioambientales del C.S.I.C.

En este artículo se realiza una descripción de los principales horizontes de diagnóstico de suelos de la Comunidad de Madrid, así como se analizan de una manera simplista los tipos de suelo que caracterizan a esta Comunidad.

This article describes the principal diagnostic horizons of the land in the Community of Madrid, and analyzes in a simplistic way the types of land which characterize this Community.

I. Introducción

El suelo es quizá uno de los elementos naturales que pasa más inadvertido para el hombre. Debemos desterrar la idea del suelo como mero soporte de la vegetación y entender que es un recurso natural, donde se funden el mundo el orgánico y el inorgánico.

La acción del clima y los organismos vivos sobre un material geológico dan como resultado un suelo. Al observar un corte en el terreno, vemos que la sección vertical está constituida por varias capas diferenciadas. El presente artículo va a tener como uno de sus objetivos la caracterización de estas capas del perfil del suelo que denominamos horizontes.

Para explicar la presencia de estos diferentes horizontes, es necesario tener presentes los factores formadores de los mismos. Esto significa que la evolución de un determinado suelo va a encontrarse condicionada por aspectos tales como:

- La naturaleza de los materiales sobre los que se desarrolla.
- El clima.
- La vegetación asociada a cada una de las unidades fisiográficas que componen el territorio.

Los suelos son sistemas dinámicos donde los procesos físicos, químicos y biológicos se suceden. Un proceso formador del suelo consiste en una serie de sucesos que incluyen desde reorganizaciones de la materia relativamente simples hasta reacciones complicadas (Buol, 1973).

Los procesos de formación podrían estructurarse con la siguiente secuencia:

- 1.- *Alteración*. Producción de material por destrucción de la roca.
- 2.- *Humificación-Mineralización*. Incorporación de materia orgánica.
- 3.- *Agregación - Translocación-Neoformación*. Reorganización de componentes.

II. Caracterización del suelo

Desde antiguo existe la tendencia a asignar nombres característicos a determinados horizontes edáficos (costra caliza, mull...)

Cuando el SOIL SURVEY STAFF del Soil Conservation Service del Departamento de Agricultura de los EEUU editó por primera vez la obra "SOIL CLASSIFICATION. A COMPREHENSIVE SYSTEM" en 1960 (vulgarmente conocida como la Séptima Aproximación) se puso de manifiesto una conceptualización del suelo que dio origen a una nueva categoría de horizontes básicos para clasificar: *los horizontes de diagnóstico*.

III. Horizontes de diagnóstico

En los estadios iniciales de un suelo tiene lugar la alteración de la roca y su colonización por las plantas; las consecuencias se manifiestan en una acumulación de residuos orgánicos que tienden a mineralizarse.

En suelos orgánicos (Histosoles) es característico una nula o escasa mineralización que favorece de la formación de un *horizonte hístico (H)*. Se caracteriza este horizonte por un espesor com-

prendido entre los 20-30 cm, aunque los límites pueden variar entre 40 y 60 cm.

Si la mineralización es más acusada, la acumulación de materia orgánica disminuye, apareciendo suelos más minerales. Los horizontes *A móllico* y *A úmbrico* se caracterizan por un cierto equilibrio entre la materia orgánica y la mineral, mientras que se observa un predominio de la mineralización en el caso del horizonte *A ócrico*.

El horizonte *móllico* se caracteriza por una estructura fuerte que no es ni dura ni maciza. Por el contenido en materia orgánica su color es oscuro. Si presenta más del 40 % de caliza fina se prescinde de los límites de color para clasificar. La saturación de bases es superior al 50 % y el P_2O_5 siempre menor de 250 ppm. En cuanto al espesor de este horizonte, es mayor o igual a 10 cm cuando descansa sobre roca dura o sobre un horizonte endurecido. El espesor es superior a 1/3 cuando éste tiene menos de 75 cm de espesor y de 25 cm o mayor si tiene más de 75 cm de espesor.

El horizonte *úmbrico* difiere del *móllico* porque el grado de saturación de bases es inferior al 50 %.

En cuanto al horizonte *ócrico*, más mineralizado, se caracteriza por su bajo contenido en carbono orgánico, su delgado espesor y su estructura maciza y dura. También presenta un chroma o brillo demasiado alto.

Nos referimos a horizonte *fímico* cuando hablamos de una capa superficial de origen antrópico, de 50 cm o más de profundidad y formada por un abonado continuo con mezclas de tierra. Generalmente, contiene elementos como trozos de ladrillo o cerámica en toda su profundidad.

La notación B corresponde a un horizonte subsuperficial, al menos en origen, donde predomina la desaparición parcial o total de la estructura rocosa. Dentro de los horizontes B, distinguimos varios tipos:

El horizonte *B árgico*.—Se caracteriza por un contenido de arcilla netamente mayor que el horizonte situado encima y formado por iluviación a expensas de él.

El horizonte *B nátrico* tiene casi todas las propiedades del anterior pero además presenta:

a.—Estructura columnar o prismá-

tica en algunas partes del horizonte o estructura en bloques con lenguas de un horizonte eluvial, donde hay granos de arena o limo recubiertos.

b.—La saturación con sodio de cambio debe ser >15 % en los 40 cm superiores del horizonte o Mg+Na de cambio mayor que Ca en los 40 cm superiores si la saturación de Na es >15 % en algún subhorizonte en una profundidad de 200 cm a partir de la superficie.

El horizonte *B cámbico* es un horizonte alterado, incompatible con el árgico o el espódico. Presenta minerales meteorizables y de neoformación, así como signos de alteración. La textura no es arenosa, ni está cementado ni endurecido.

El horizonte *B espódico* cumple los siguientes condicionantes, por debajo de una profundidad de 12,5 cm o bajo un horizonte A o E (si existen):

a.—Subhorizonte de más de 2,5 cm de espesor en toda su extensión, cementado por una combinación de Fe o Al o ambos con materia orgánica.

b.—Textura arenosa o franca gruesa con gránulos oscuros.

c.— Uno o más subhorizontes.



Paisaje de Leptosol dístico sobre granito en Villalba (Madrid).



Horizonte B árgico con apreciable contenido en arcilla.



Perfil de Leptosol húmico sobre neis. San Lorenzo de El Escorial (Madrid).

Un horizonte típico de zonas tropicales es el *horizonte B ferrálico*. Su textura es franco-arenosa o más fina y existe un 8 % de arcilla, como mínimo, en la fracción de tierra fina.

Finalmente, existe una serie de horizontes que pueden aparecer tanto en A como en B. Así, la acumulación de yeso da lugar a *horizontes gípsicos* o *petrogípsicos*; la de carbonatos origina *horizontes cálcicos* o *petrocálcicos*. Un drenaje artificial y oxidación de materiales ricos en sulfuros originan un horizonte sulfúrico (generalmente tienen manchas de jarosita).

El último horizonte de diagnóstico al que nos referimos es el *horizonte E álbico*. Se forma por eluviación de arcilla, Fe o Al o materia orgánica o alguna combinación de los mismos, determinando una concentración de partículas de arena y limo. Se diferencia, generalmente, de un A suprayacente por una coloración más clara y un contenido en materia orgánica inferior, y del B subyacente también por el color, generalmente más claro y por una textura más gruesa.

IV. Descripción de los horizontes presentes en las unidades fisiográficas de la Comunidad de Madrid

Toda esta descripción es interesante si nos proponemos analizar, desde un punto de vista edáfico, la Comunidad de Madrid. Partimos para este análisis de una diversidad fisiográfica interesante: sierras, superficies de piedemonte, campiñas, páramos, terrazas y vegas. Considerando que el sustrato litológico varía en estas unidades, y que los factores climáticos, así como las formaciones vegetales y usos del suelo difieren, la variedad de horizontes que esto implica es considerable.

No se pretende aquí hacer un estudio exhaustivo del entorno edáfico de la Comunidad de Madrid y de sus diferentes asociaciones de suelos. Por lo tanto, pasaremos a analizar cada una de las unidades fisiográficas con el fin de determinar los horizontes

más característicos que presentan, así como los tipos de suelos más representativos.

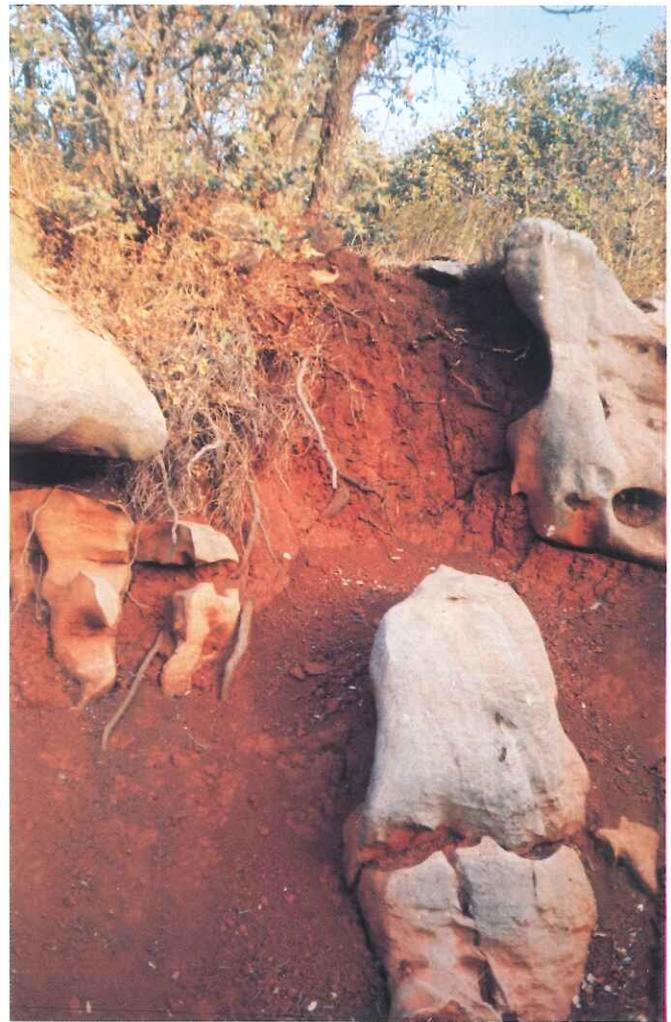
1.-La Sierra

En general, está representada por un sustrato de naturaleza granítico-nefésica, con algunas áreas de esquistos cuarcíticos y pizarrosos. La vegetación natural de las cumbres suelen ser matas subarborescentes dispersas de piornos y enebros rastreros, reducidas por lo general, al estrato herbáceo. En las parameras, situadas entre los 1.200 y 1.800 m, la vegetación más representativa es el *Quercus pirenaica* (roble melojo) sustituido a veces por *Pinus silvestris* (pino albar). En las laderas, que articulan el piedemonte y las parameras, se suceden de base a cima el encinar, el roblel de melojo, el pino silvestre, el piornal y las praderas culminícolas.

Las condiciones climáticas existentes favorecen la desintegración física sobre la química. En consecuencia, los suelos son sueltos, por lo que salvo en



Perfil de Cambisol dístico sobre pizarras. Patones (Madrid).



Luvisol crómico. Campo Real (Madrid)

los formados sobre pizarras y esquistos, lo habitual es que la textura que presenten sea arenosa.

Debido a la pobreza en bases de los granitos que constituyen habitualmente el sustrato, y sobre todo, cuando estos son leucocráticos o si el material originario son cuarcitas, la acidez varía de moderada a fuerte.

Los suelos más jóvenes se corresponden con zonas desarboladas, relativamente arenosos y pobres en coloides, donde la colonización de organismos es escasa. Muestran una capa superficial que contiene humus bruto. Se trata de un suelo con un horizonte A (que no llega a ser un epipedon ócrico) debajo del cual suele aparecer un C, a menudo grisáceo, y aproximadamente a 50 cm se encuentra el sustrato R más o menos fresco. Si existe zona vegetal con presencia arbórea, el suelo puede constituirse por partículas minerales poco desintegradas, restos vegetales y microfauna. Así se forma un horizonte A suelto de

pocos centímetros, negrozco por su contenido en humus, que puede ser en muchos casos un epipedon úmbrico. Debajo aparece el horizonte C y debajo de éste, la roca. Si el sustrato es granítico o esquistoso, y existe brezal repoblado con pinos, puede generarse un horizonte orgánico, relativamente profundo, si existe humedad. De la desintegración del material geológico originario, resulta un horizonte B con mayor contenido en arcilla, aunque no de iluviación.

En esta unidad accidentada, dominan los *Leptosoles* y *Cambisoles*. Los *Leptosoles* se desarrollan sobre gran variedad de materiales geológicos de litologías diferentes y según la definición que la F.A.O. da para ellos son "suelos limitados en profundidad por una roca dura continua o por material muy calcáreo (CO_3Ca equivalente $> 40\%$) o por una capa continua cementada dentro de una profundidad de 30 cm a partir de la superficie o que tiene menos del 20% de tierra fina hasta una pro-

fundidad de 75 cm; sin otros horizontes de diagnóstico más que un A móllico, úmbrico u ócrico y con o sin B cámbico". Los Cambisoles se caracterizan por la presencia de un horizonte formado por alteración "in situ" de los minerales de las rocas que se traduce en un color pardo vivo y con cantidades apreciables de minerales alterables procedentes de los materiales originarios. Para la F.A.O. además de este horizonte B cámbico puede tener un horizonte A ócrico, úmbrico o móllico. Son suelos muy abundantes, no sólo en la Comunidad, ya que se desarrollan en ambientes muy diferentes y a partir de materiales geológicos muy diversos.

2.-Piedemonte

En esta unidad encontramos rampas (con un sustrato litológico similar a la sierra) y depresiones (donde la variación del material es importante (desde material cristalino a sedimentos). El

perfil típico está representado por un horizonte A de algo menos de 10 cm si la roca originaria es ígnea o de 10-15 cm si es metamórfica. Generalmente es un horizonte A ócrico, aunque a veces cumple los requisitos del epipedon úmbrico. Al horizonte A sigue un B claro que puede clasificarse como cámbico. Finalmente, a veces, mediante una transición B/C se pasa a C, que pone de manifiesto el afloramiento físico de la roca R, con frecuencia a menos de 50 cm de la superficie.

El piedemonte se caracteriza por los tipos de suelos que dominan el área de la sierra.

3.-Páramos

Corresponden los páramos a llanuras de colmatación. Abundan en ellos las rocas calizas, que al erosionarse, ponen al descubierto yesos y margas subyacentes. Los páramos calizos presentan un suelo con perfil A,

Bw, C y R. La textura varía de arenolimsa a limosa y el color de pardo a pardo rojizo, debido a que el lavado de los carbonatos determina la liberación de óxidos de Fe.

En la plataforma superior del Páramo, y generalmente sobre rocas calizas, o materiales procedentes de su alteración, encontramos un predominio claro de los *Luvisoles*, sobre todo cálcico y también crómicos (la antigua terra rossa). En las zonas de Páramo erosionado aparecen *Calcisoles*. Los primeros son los suelos que junto con los Cambisoles tienen mayor representación en la Comunidad de Madrid. Su aprovechamiento ideal es el uso agrícola. Se caracterizan por un horizonte B enriquecido en arcilla, en parte iluvial, es decir que debido a un lavado, existe un arrastre de arcilla procedente de un horizonte superior y posterior acumulación en este horizonte Bt. Los Luvisoles carecen de un horizonte A móllico y de un horizonte E que con un límite brusco esté si-

tuado sobre un horizonte lentamente permeable.

En cuanto a los Calcisoles, podemos decir que son suelos que en su morfología presentan un horizonte cálcico o petrocálcico o simplemente concentraciones de caliza pulverulenta dentro de una profundidad de 125 cm desde la superficie. En la Comunidad de Madrid, estos suelos se desarrollan sobre calizas, margas y depósitos fluviales de tipo terraza con acusada evolución.

4.-Campana

Incluye una serie de unidades de materiales arcósicos que forman llanuras interfluviales y materiales yesíferos, margoyesíferos y arcillosos. La disolución de los yesos condiciona una red fluvial más lineal.

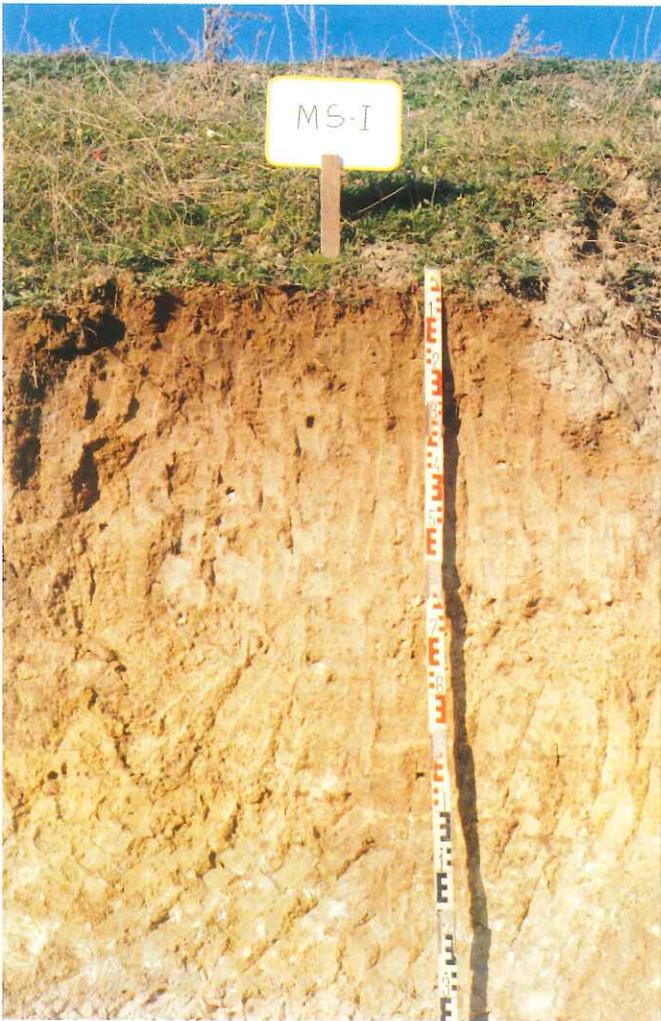
La vegetación natural, representada por el encinar, da paso a la agricultura de secano, la vid, el olivo y raramente a pastizales. La falta de cubierta



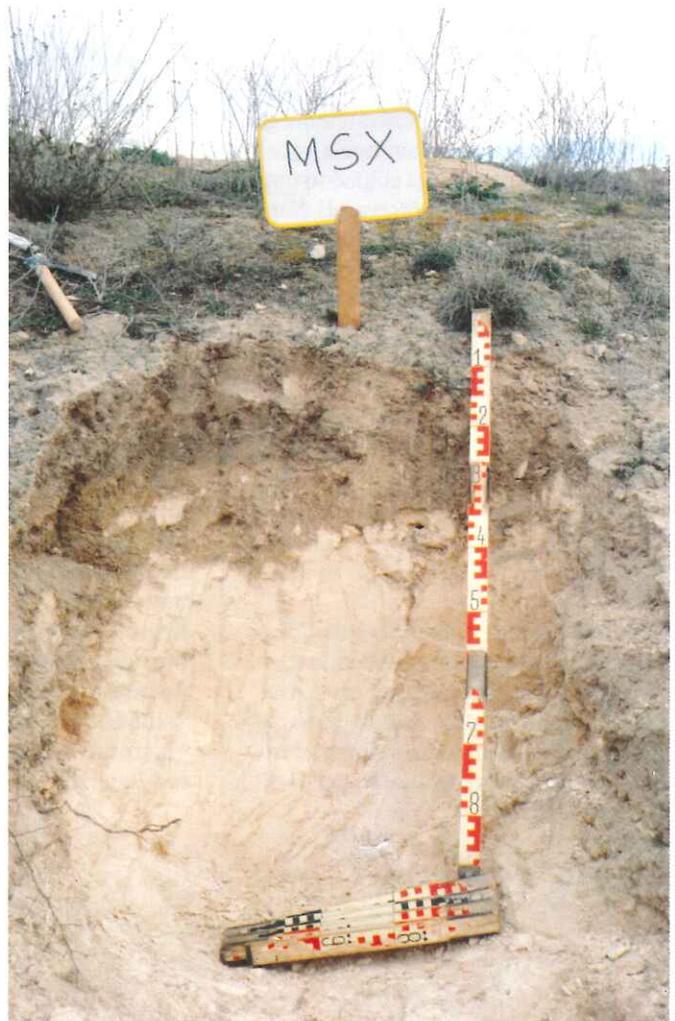
Calcisol pétrico en Alcalá de Henares (Madrid).



Perfil de Regosol dístrico sobre arcosas. Villamantilla (Madrid).



Perfil de Fluvisol cálcico en Titulcia (Madrid).



Gypsisol en Fuentidueña de Tajo (Madrid).

vegetal determina la pobreza en humus. En suelos cultivados, la estructura de un horizonte Ap es suelta o formada por agregados subangulares. El paso a B es tanto más abrupto cuanto mayor es la iluviación de la arcilla (esto ocurre si subyace un B árgico).

En esta unidad los suelos dominantes varían desde *Regosoles*, que son suelos poco evolucionados, (lo que se traduce en la inexistencia de horizontes de diagnóstico, salvo la presencia de un horizonte A superficial de tipo ócrico o úmbrico, y que se desarrollan sobre los materiales arcósicos próximos a la Sierra) hasta *Luvisoles* cuando la evolución genética es mayor. Pueden aparecer también *Gypsisoles*, sobre todo *Gypsisoles* cálcicos.

5.-Terrazas

Son superficies planas o ligeramente inclinadas, de poca altura, generalmente sobre el cauce actual de ríos.

Pueden existir varios niveles, más antiguos a medida que aumenta la cota. La estabilidad geomorfológica favorece la evolución del suelo. Sin embargo, el horizonte superficial se encuentra modificado por la acción antrópica, apareciendo un Ap. En las terrazas bajas, son más frecuentes los horizontes Bw, que indican una evolución incipiente, aunque también aparecen Bt de poco desarrollo.

En terrazas altas, se observan Bt más desarrollados. A veces pueden aparecer horizontes cálcicos solapados con Bw o separados de Bt, que en las terrazas medias o altas pueden estar endurecidos.

En la parte alta de los perfiles pueden aparecer gravas más o menos redondeadas como resultado de la erosión.

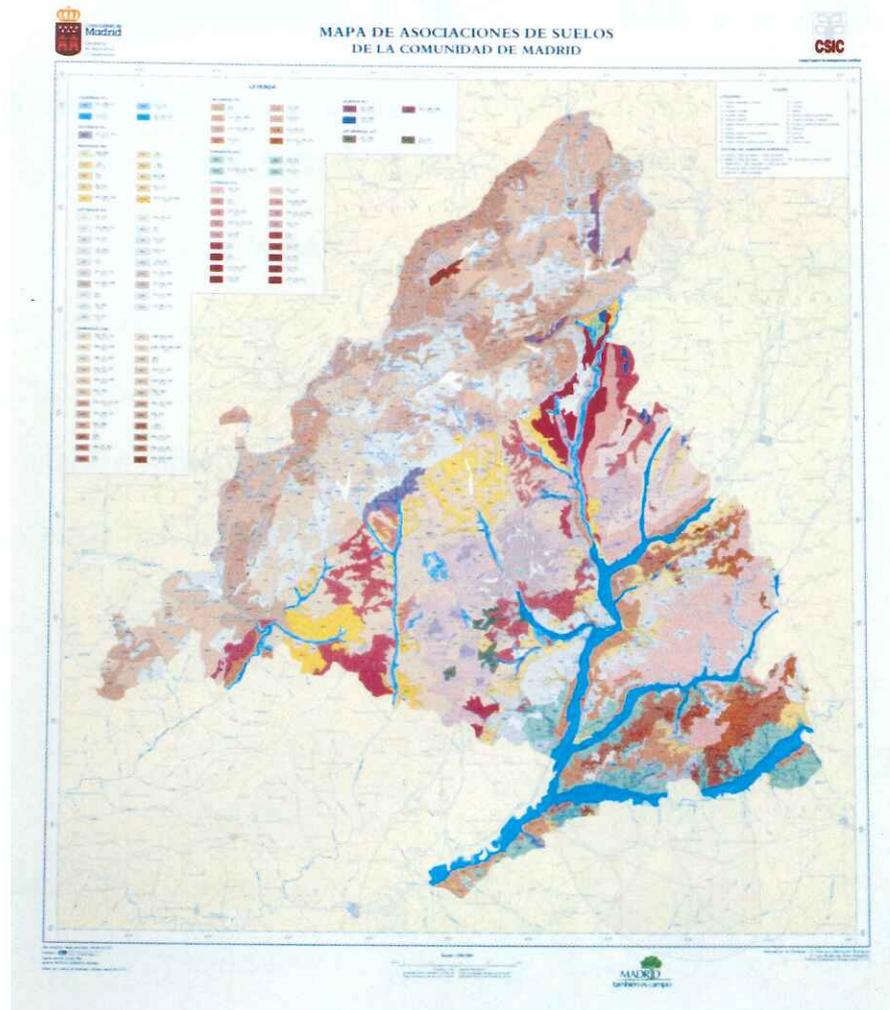
En esta unidad predominan casi exclusivamente los *Luvisoles*. De todas formas, cuanto más antigua es la terraza el desarrollo o evolución del suelo es mayor pudiendo aparecer desde *Fluvisoles*, (que son suelos poco evolucionados

edáficamente, ya que se desarrollan sobre depósitos aluviales recientes que no han tenido tiempo para alcanzar una gran diferenciación genética) hasta *Cambisoles* o *Calcisoles*.

6.-Vegas

Corresponden al lecho de inundación de los ríos y constituyen bandas alargadas y estrechas. Las condiciones fisiográficas condicionan una vegetación representada por especies de ribera formando un bosque en galería. La acción antrópica es muchas veces un factor que favorece esta situación.

La naturaleza del material original del suelo varía en el binomio espacio/tiempo. Así, las discontinuidades litológicas vienen determinadas por el régimen sedimentario fluvial y el área fuente. Las variaciones en el contenido en materia orgánica en profundidad se encuentran condicionadas por el ritmo de avenidas. La influencia del hombre



Mapa de asociaciones de suelos de la Comunidad de Madrid (F.Monturiol y L. Alcalá del Olmo, 1990).

queda patente por la presencia de un Ap. Es característico de estas zonas el perfil de tipo AC.

Característicos de estas áreas son los *Fluvisoles*.

En un esquema más simplista podemos diferenciar cinco zonas dentro de la Comunidad de Madrid. La primera se situaría al NW de una línea hipotética que uniría Robledo de Chavela, San Lorenzo del Escorial y Buitrago de Lozoya. Se caracteriza por ser un área accidentada y húmeda. En ella, los suelos más representativos son los Cambisoles húmicos y los Leptosoles úmbricos. Entre esta línea y otra hipotética que uniría San Martín de Valdeiglesias con Colmenar Viejo y Torrelaguna dominan Cambisoles y Leptosoles dístricos. En tercer lugar, aparece una zona delimitada por la línea anterior, el río Jarama y el límite SW de la Comunidad. Este espacio está dominado por sedimentos arcósicos

de la "Facies Madrid", aunque también existen materiales calizos y yesíferos del Mioceno. En esta zona aparecen Cambisoles eútricos y dístricos, Regosoles y Luvisoles principalmente.

Otro sector queda definido por su fisiografía y litología, ocupando la superficie comprendida entre los ríos Jarama y Henares y el límite NE de la Comunidad. El conjunto lo constituyen terrazas formadas por materiales detríticos sedimentarios parecidos a los sedimentos arcósicos pero más finos. La zona es generalmente llana dominando los Luvisoles. De todas formas, la evolución del suelo aumenta con la antigüedad de las terrazas apareciendo Fluvisoles, Cambisoles y Calcisoles en terrazas más bajas, mientras en las superficies superiores encontramos Alisoles, suelos evolucionados de características ácidas.

La última zona es también un área muy bien definida por sus característi-

cas litológicas y fisiográficas. Se sitúa entre los ríos Henares, Jarama y Tajo y la constituyen materiales del Terciario. En las laderas y escarpes donde afloran materiales blandos o el suelo está cubierto por derrubios dominan suelos poco desarrollados como los Leptosoles, Regosoles y Gypsisoles. En las superficies de páramos predominan los Luvisoles. Finalmente, entre los escarpes y los cursos de los ríos suelen dominar Cambisoles, Calcisoles y Regosoles.

V. Conclusiones

Una vez realizada esta breve descripción de la Comunidad de Madrid desde una perspectiva edáfica, es necesario hacer finalmente una reflexión sobre lo que los suelos representan en ella. Hasta hace unos cuantos años, la agricultura, la ganadería y el aprovechamiento forestal eran usos comunes del territorio; sin embargo, los condicionantes sociales y políticos han transformado su realidad natural con un desarrollo industrial y demográfico desmesurado.

Ya se señaló que el suelo es un sistema natural complejo, con una dinámica propia resultante de procesos físicos, químicos y biológicos actuando sobre un material geológico. El producto final posee una fase sólida, una líquida y una gaseosa, además de una microflora y microfauna que vive en ese sistema. El estadio climax sólo se alcanza cuando se establece el equilibrio ecológico con el medio en el que se sitúa. No es, por tanto, un elemento independiente a considerar aislado del medio físico (topografía, hidrología...) y biológico que lo rodea, sino que forma un conjunto armonizado con los otros elementos del medio. El equilibrio que se establece sólo se rompe por la acción de elementos externos, con consecuencias graves sobre todo de tipo ecológico. ■

Bibliografía

- BUOL S.W., HOLE F.D., McCracken R.J. "Soil Genesis and Classification". The Iowa University Press. 1973
- MONTURIOL RODRIGUEZ F., ALCALA DEL OLMO BOBADILLA L. "Mapa de asociaciones de suelos de la Comunidad de Madrid. 1:200000". C.S.I.C. 1990
- NIEVES BERNABE M., GOMEZ Y MIGUEL V. "Designación de los horizontes y capas del suelo". A.M.A. 1992
- U.S.D.A. "Keys to Soil Taxonomy". Soil Conservation Service. Sixth Edition, 1994.
- F.A.O., "Mapa mundial de suelos". Leyenda revisada. Roma. 1989.

!!! SUSCRIBASE a . . . !!!



tierra y tecnología tierra y tecnología tierra y tecnología una publicación especializada en temas relacionados con ...

tierra y tecnología - Medio Ambiente
 tierra y tecnología - Ingeniería Geológica
 tierra y tecnología - Teledetección y SIG
 tierra y tecnología - Exploración Minera
 tierra y tecnología - Recursos Minerales
 tierra y tecnología - Hidrogeología
 tierra y tecnología - Hidrocarburos
 tierra y tecnología - Geofísica
 tierra y tecnología - Mineralogía
 tierra y tecnología - Construcción y auxiliar
 tierra y tecnología - Energía eléctrica, agua y gas,
 así como . . .

... otros sectores relacionados con las Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente

SOLICITUD DE SUSCRIPCION



REMITIR A:
 Ilustre Colegio Oficial de Geólogos
 Avda. Reina Victoria, 8 - 4º B - 28003 MADRID
 Telf.: 91 - 553 24 03 - Fax : 91 - 533 03 43

Nombre DNI

Empresa CIF

Actividad

Calle

C.P. Población Provincia

Telf. Fax

Formas de Pago:

Cheque bancario adjunto nº

Giro Postal nº

(Suscripción anual 2.500,- ptas.)

Conforme:
 (Firma y sello de la empresa)

CURSO DE INTRODUCCION A LA METODOLOGIA DE EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

Entre los días 2 y 16 de mayo se ha desarrollado en Salamanca, en las instalaciones del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología del CSIC, un «Curso de Introducción a la Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental», que ha sido organizado por el ICOG, con la colaboración de la Junta de Castilla y León y la empresa Desarrollo de Recursos Geológicos, S. A. (DRG).

El Curso, con un total de 50 horas, ha estado dirigido a profesionales relacionados con el medio ambiente y orientado a facultar a sus participantes (geólogos en su mayor parte) para la realización de Estudios de Impacto Ambiental, y muy especialmente para cumplir los requisitos de las recientes normas legales de la Comunidad de Castilla y León para poder suscribirse en el Registro de Profesionales que permitirá la firma de tales estudios, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo III, del Decreto 209/1995, de 5 de octubre.

Un total de 34 participantes (de ellos 30 geólogos) han obtenido el correspondiente certificado de asistencia y aprovechamiento. El Curso ha sido

impartido por 16 profesores de muy variada titulación: geólogos, biólogos, químicos, ingenieros de minas, de caminos y de montes.

Además se celebró una mesa redonda con la participación de cuatro miembros de diferentes Servicios de la Administración de Castilla y León, moderada por nuestro compañero Alfonso S. Gracia, presidente de DRG.

Asimismo se realizó una visita a las instalaciones de la Empresa Nacional del Uranio, S. A. (ENUSA) en Saelices (Salamanca), donde se recibió información detallada tanto sobre lo concerniente a los aspectos mineros y el medio ambiente, como sobre la evaluación y protección radiológica, aspectos en los que ENUSA es un importante punto de referencia en España.

El Curso ha estado dividido en dos bloques, el primero de carácter introductorio sobre los estudios y evaluaciones de impacto ambiental desde diferentes puntos de vista, y un segundo con ocho conferencias-coloquio impartidas por especialistas en diferentes temas concretos: minería, ferrocarriles, carreteras, obras hidráulicas, espacios naturales, ...etc. donde los estudios de



Conferencia de Luis Suárez.



Visita a ENUSA.

impacto ambiental van haciéndose más cotidianos día a día, y donde los profesionales de la geología deben y pueden encontrar un interesante mercado

para el desarrollo de sus actividades.

El ICOG ha sido consciente de la necesidad de ofrecer formación complementaria profesional de estas carac-

terísticas y asimismo de que estas actividades pueden «descentralizarse» si se cuenta con la colaboración de algunos de sus colegios. ■

«LA TIENDA VERDE»

C/. MAUDES, N^{os} 23 y 38 - 28003 MADRID

TELS.: 533 07 91 - 534 32 57

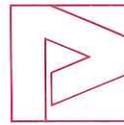
FAX: 533 64 54

«LIBRERIA ESPECIALIZADA EN CARTOGRAFIA, VIAJES Y NATURALEZA»

- | | | |
|---|--------------------------|---------------------------------|
| - MAPAS TOPOGRAFICOS: S. G. E. I. G. N. | - MAPAS METALOGENETICOS. | - MAPAS MONTADOS EN BASTIDORES. |
| - MAPAS GEOLOGICOS. | - MAPAS TEMATICOS. | - FOTOGRAFIAS AEREAS. |
| - MAPAS DE CULTIVOS Y APROV. | - PLANOS DE CIUDADES. | - CARTAS NAUTICAS. |
| - MAPAS AGROLOGICOS. | - MAPAS DE CARRETERAS. | - GUIAS EXCURSIONISTAS. |
| - MAPAS DE ROCAS INDUSTRIALES. | - MAPAS MUNDIS. | - GUIAS TURISTICAS. |
| - MAPAS GEOTECTONICOS. | - MAPAS RURALES. | - MAPAS MONTAÑEROS. |

«VENTA DIRECTA Y POR CORRESPONDENCIA»

«SOLICITE CATALOGO»



BANCO
POPULAR
ESPAÑOL



¡Solicite su tarjeta!



LLENAS DE VENTAJAS

- *Identificativa del colectivo de geólogos.
- *Seguros especiales de hasta 100 millones de Ptas.
- *Descuentos en cadenas hoteleras y de alquiler de coches.
- *Responsabilidad limitada por uso indebido.
- *Rápida reposición en caso de pérdida o robo.
- *Sin cobro de emisión durante el primer año.



BANCO
POPULAR
ESPAÑOL



BANCO DE
ANDALUCIA



BANCO DE
CASTILLA



BANCO DE
CREDITO BALEAR



BANCO DE
GALICIA



BANCO DE
VASCONIA

SOLICITELAS EN LAS SUCURSALES DEL GRUPO BANCO POPULAR

Recorte y envíe este cupón para solicitar la VISA GEOLOGO, (para Vd. o para su cónyuge), o para solicitar información de la "CUENTA GEOLOGO" a la DIRECCION COMERCIAL DEL GRUPO BANCO POPULAR. Apartado de Correos 53 F.D. 28080 MADRID. Si lo prefiere envíe copia por fax al 91-576 36 64.



Nombre Primer apellido Segundo apellido

Fecha de nacimiento Estado civil C S V D/S N.º hijos D.N.I. N.º Colegiado

Domicilio particular (calle o plaza) N.º C.P. Localidad

Lugar de trabajo (empresa, consultoría, universidad, etc.)

Domicilio del lugar de trabajo (calle o plaza) N.º C.P. Localidad

Teléfono de contacto Horas de llamada: Mañana. De a h. Tarde. De a h.

¿Cliente del Grupo SI BANCO SUCURSAL N.º CUENTA
Banco Popular Español? NO

Deseo información de la cuenta GEOLOGO Deseo información de la VISA GEOLOGO Deseo información del PLAN DE PENSIONES DEL COLEGIO DE GEOLOGOS

ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTOS DE LA HIDROGEOLOGIA EN LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR



Emilio Castillo Pérez

Licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada. De 1973 a 1980 trabaja en EPTISA en los proyectos de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS) y de Conservación y Gestión de Acuíferos desarrollados por el ITGE en la Cuenca del Júcar. En 1981 pasa a formar parte de la plantilla de INGEMISA donde organiza el Departamento de Hidrogeología. Ha intervenido como responsable en numerosos estudios y proyectos, especialmente en la Cuenca del Guadalquivir. Actualmente ocupa el cargo de Director Técnico de Recursos Hídricos de INGEMISA.



Javier Gollonet Fernández de Trespalacios

Licenciado en Ciencias Geológicas (Universidad de Granada, 1976) con la especialidad de Hidrogeología. Entre 1976 y 1981 desarrolló su actividad principal en investigación hidrogeológica, tanto como profesional libre (3 años) como en el sector público y privado (Instituto Tecnológico Geominero de España y Compañía General de Sondeos, S. A.). Desde 1982 se integra en la Dirección Técnica de Recursos Hídricos de INGEMISA, en la que continúa su actividad profesional como hidrogeólogo y Jefe de Proyectos. En los últimos años sus trabajos se encuadran en el marco de la Planificación de Recursos Hídricos y la Protección del Medio Ambiente y en relación con estas materias ha participado en 17 Congresos y es autor o coautor de 14 publicaciones técnicas.

El Proyecto SPA-9 fue llevado a cabo en la Cuenca del Guadalquivir a finales de los 60 y comienzos de los 70. Por esta razón, la Cuenca del Guadalquivir fue excluida del P.I.A.S. (Proyecto de Investigación de Aguas Subterráneas).

The Project SPA-9 was carried out in the Guadalquivir Basin at the end of the sixties and beginning of the seventies. For this reason this basin was excluded of the P.I.A.S. Project (Groundwater Investigation Project). Ought of that, although several aquifers of this basin are nowadays known adequately, others are not and if is necessary to study in depth the hydrogeological features of areas in the basin. The Ministeries of Civil Work, Transport and Environment and Industry Energy and Mines have edited «The White Book of the Groundwater» wich included a programe relating to «Modernization of inventory of natural resources of groundwater». This programe will get the necessary information if it is put in practice in an ambitious way. From the analysis made in this report now 3 units are known adequately, 24 more show a medium rate of knowledge and the others 25 offer deficient information about such matter.

La Cuenca del Guadalquivir constituye una singularidad entre las cuencas hidrográficas españolas en lo que al desarrollo de los estudios hidrogeológicos se refiere. A finales de los años sesenta y principios de los setenta se alcanzó en la misma un aceptable grado de conocimiento como consecuencia del desarrollo del Proyecto SPA-9 (Proyecto del Guadalquivir) promovido por Naciones Unidas. Dicho proyecto, con un marcado carácter de desarrollo agrícola, posibilitó la presencia en nuestro país de expertos en hidrogeología procedentes de fuera de nuestras fronteras y la formación de numerosos técnicos españoles. Puede decirse que las investigaciones llevadas a cabo en el Proyecto SPA-9 de la Cuenca del Guadalquivir, junto con las desarrolladas en Cataluña por la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental, son las pioneras en cuanto al desarrollo del conocimiento hidrogeológico del territorio nacional se refiere. Esta especial circunstancia va a tener una influencia negativa en los años siguientes, cuando se inicia por parte del Instituto Geológico y Minero de España el Proyecto de Investigación de Aguas Subterráneas (el conocido PIAS), en el que de forma metodológica y sistemática se estudian durante un período prolongado (más de 4 años en algunas cuencas) y con equipos pluri-

disciplinares las características hidrogeológicas de las diferentes cuencas del territorio nacional. Este proyecto de investigación tendría su continuidad en otros programas como el de Conservación y Gestión de Acuíferos, en el que quedan definidas las primeras redes de control de piezometría ya habían sido objeto de medidas sistemáticas o puntuales en el PIAS).

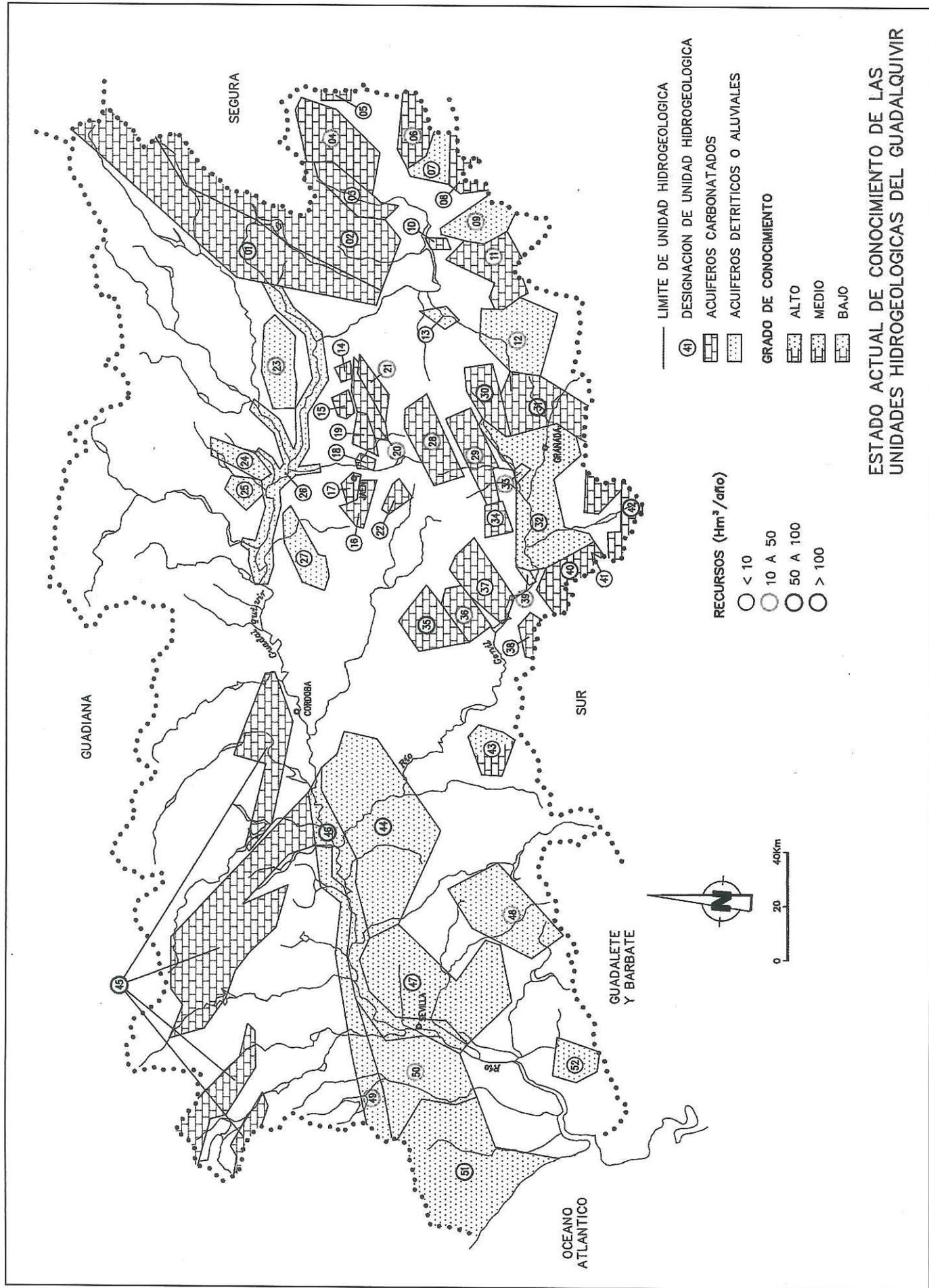
La Cuenca del Guadalquivir queda fuera del PIAS ya que en la misma se había desarrollado el Proyecto SPA-9; sin embargo debido a la finalidad de éste (esencialmente orientada hacia el desarrollo agrícola) sólo en algunos acuíferos se alcanza un conocimiento detallado de sus características, especialmente en los acuíferos detríticos con mayores recursos, pudiéndose mencionar como casos más significativos el de la Vega de Granada, en la cuenca alta y el de Almonte-Marismas, en la cuenca baja.

En los años siguientes se continúa avanzando en el conocimiento de la hidrogeología de la cuenca, gracias a las dos oficinas que mantiene abiertas el Proyecto del Guadalquivir en Granada y Sevilla, que posteriormente pasarán a ser del ITGE y que han mantenido un funcionamiento continuado hasta la actualidad. Sin embargo, este conocimiento se adquiere más en estudios para la búsqueda de soluciones de

CARACTERISTICAS GENERALES Y GRADO DE CONOCIMIENTO DE LAS UNIDADES HIDROGEOLOGICAS DEL GUADALQUIVIR

| UNIDAD HIDROGEOLOGICA | N.º | Superficie (Km²) | Recarga (Hm³/año) | Bombes (Hm³/año) | Definición geométrica | Parámetros | Calidad-contamin. | Balace | Usos | Redes de control | GENERAL |
|---|-----|------------------|-------------------|------------------|-----------------------|------------|-------------------|--------|------|------------------|---------|
| Sierra de Cazorla | 1 | 1.600 | 370 | 0 | M-B | B | M-B | B | M-B | - | Bajo |
| Quesada-Castril | 2 | 480 | 130 | 3,8 | M-B | B | M-B | B | M-B | - | Bajo |
| Duda-La Sagra | 3 | 50 | 7 | 0 | M-B | B | M-B | M-B | M-B | - | Bajo |
| Hescar-Puebla de Don Fadrique | 4 | 390 | 28 | 3 | M-B | M | M | M | M | P10 | Medio |
| Sierra de la Zarza | 5 | 32 | 4 | 0 | M-B | M-B | M-B | M-B | M-B | P2,C1,H1 | Bajo |
| Orce-María (Segura 27) | 6 | 122 | 19,8 | | M | M-B | M | M | M | P1,C4,H4 | Medio |
| Cullar-Baza | 7 | 120 | 4 | 3 | B | B | M-B | B | B | - | Bajo |
| Sierra de las Estancias (Sur 2) | 8 | 40 | 2 | | M | M | M | M | M | P2 | Medio |
| Baza-Caniles | 9 | 300 | 20,5 | 2,5 | M-A | M-A | M-A | M-A | M-A | P3,C3,H9 | Medio |
| Jabalcón | 10 | 15 | 5,7 | 5 | M | B | M-B | M-B | M-B | - | Bajo |
| Sierra de Baza | 11 | 330 | 45 | 1 | M-B | M-B | M | M-B | M | P3,C3 | Bajo |
| Guadix-Marquesado | 12 | 310 | 22 | 17,5 | M | M-A | M | M-A | M-A | P,C7,H16 | Medio |
| El Mencal | 13 | 11 | 2 | 0,1 | M | M-B | M | M | M-B | - | Bajo |
| Bedmar-Jodar | 14 | 14 | 1,7 | 1 | M-A | M-B | M | M | M-A | P3 | Medio |
| Torres-Jimena | 15 | 10 | 2,5 | 1,5 | M | M-B | M | M | M-A | C2 | Medio |
| Jabalruz | 16 | 6 | 2,6 | 0,6 | M | M-B | M | M | M | C1,H1 | Bajo |
| Jaén | 17 | 10 | 2,8 | 2,7 | M | M | M | M | M-A | C1,H1 | Medio |
| San Cristóbal | 18 | 4 | 0,8 | 0,3 | M | M-B | M | M | M | - | Bajo |
| Mancha Real-Pegalajar | 19 | 25 | 3,7 | 0,9 | M | M | M | M | M-A | - | Medio |
| Almadén-Carluca | 20 | 77 | 19,5 | 10 | M-B | M-B | M | M-B | M | C4,H4 | Bajo |
| Sierra Magina | 21 | 55 | 13,5 | 0,4 | M | M-B | M | M | M-A | C3,H3 | Medio |
| Mentidero-Montesinos | 22 | 18,5 | 5,1 | 2,3 | M | M-B | M | M-B | M | C1,H1 | Medio |
| Ubeda | 23 | 100 | 14 | 0 | B | B | B | B | B | C4 | Bajo |
| Bailén-Guarromán | 24 | 15 | 4,8 | 1 | A | M-A | M-A | M | M | C7 | Medio |
| Rumblar | 25 | 40 | 3 | 1,75 | M-B | M-B | M | M-B | B | C6 | Bajo |
| Aluvial del Guadalquivir. Córdoba-Jaén | 26 | 450 | | | M | M-B | M-B | B | B | - | Bajo |
| Porcuna | 27 | 15 | 2 | | B | B | M-B | B | B | - | Bajo |
| Montes Orientales (Sector Norte) | 28 | 141 | 35,2 | 0,7 | M-B | M-B | M | M-B | M-B | C1,H1 | Bajo |
| Sierra Colomera | 29 | 98 | 25,2 | 3 | M | M-B | M | M | M | P2,C1,H1 | Bajo |
| Sierra Arana | 30 | 147 | 52,5 | 0 | M | M-B | M | M-B | M | C3,H3 | Bajo |
| Padul-La Peza. Parcial (Sur 17) | 31 | 280 | 75 | 25 | M-B | M-B | M | B | M-B | P1,C3,H3 | Bajo |
| Depresión de Granada | 32 | 200 | 232 | 33 | A | A | A | M-A | M-A | P34,C33,H13 | Alto |
| Sierra Elvira | 33 | 9 | 20,5 | 1 | M-A | M | M-A | M | M-A | C1 | Medio |
| Madrid-Parapanda | 34 | 26,5 | 7,5 | 0,5 | M-B | M-B | M-B | M-A | M-A | C1,H1 | Bajo |
| Sierra de Cabra-Gaena | 35 | 148 | 53,5 | 1,1 | M | M-B | M | M | M | P1,C13,H13 | Bajo |
| Rute-Horconera | 36 | 90 | 28,7 | 0,3 | M | M-B | M | M | M | P5,C2 | Bajo |
| Albayate-Chanzas | 37 | 53 | 9,5 | 0,6 | M-B | M-B | M | M | M | P8,C8 | Bajo |
| El Pedroso Arcas (Sur 30) | 38 | 19 | 4,5 | 2,6 | M-B | M-B | M | M | M | P7,C3 | Bajo |
| Hacho de Loja | 39 | 9 | 11,8 | 0,5 | M | M-B | M | M-B | M | C1,H1 | Medio |
| Sierra Gorda (Sur 25). Integra | 40 | 305 | 102 | | M-A | M-A | M | M | M | P3,C9,H12 | Medio |
| Polje de Zafarraya (Inc. 40) | 41 | | | 30 | M-A | M-A | M | M | M-A | P30,C9 | Medio |
| Tejeda-Almijara-Los Guajares (Sur 24) | 42 | 283 | 72 | | M-A | M | M | M | M | P5,C5,H2 | Medio |
| Sierra de la Estepa | 43 | 55 | 7 | 4 | M | M-A | M-A | M | M | P8,C3 | Medio |
| Altiplanos de Ecija | 44 | 1.070 | 77 | 35 | M-A | M | M-A | M | M | P25,C7 | Medio |
| Sierra Morena | 45 | 740 | 63 | 10 | B | B | M-B | M-B | B | P2,C36 | Bajo |
| Aluvial del Guadalquivir (Sevilla) | 46 | 200 | 70 | 10 | M-A | M-A | M-A | M | M | P14,C45 | Medio |
| Sevilla Carmona | 47 | 1.380 | 174 | 40 | A | A | A | M-A | M-A | P25,C6 | Alto |
| Arahal-Coronil-Morón-Puebla de Cazalla | 48 | 400 | 20 | 9 | M-A | M-A | M | M | M | P9 | Medio |
| Niebla-Posadas (Guadiana 13). Integra | 49 | 280 | 18 | 28 | M | M-A | M | M-A | M-A | P28,C1 | Medio |
| Aljarafe | 50 | 350 | 28 | 13,5 | M-A | M-A | M-A | M | M | P51,C36 | Medio |
| Almonte-Marismas del Guadal (Guad. 14). Integra | 51 | 2.500 | 213 | 51 | A | A | A | A | A | P22,C13,H13 | Alto |
| Lebrija | 52 | 75 | 7 | 6 | M-A | M-A | M-A | M | M | P6,C1 | Medio |
| SUMA ACUIFEROS DEFINIDOS | | 13.498 | 2.142,9 | 363,15 | | | | | | | |

GRADO DE CONOCIMIENTO: A-Alto; M-Medio; B-Bajo; REDES DE CONTROL: Se indica el tipo (P-plezométrico; C-calidad; H-hidrometría; I-Intrusión) y n.º de puntos.



ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTO DE LAS UNIDADES HIDROGEOLOGICAS DEL GUADALQUIVIR

abastecimiento urbano y de regadío que como consecuencia de estudios sistemáticos. Lo cual no quiere decir que estos estudios no se hayan realizado tanto por parte del IGME (actualmente ITGE) como de otros organismos de la Administración, como el SGOP, IRYDA, IARA y más recientemente, de forma directa, la propia Confederación Hidrográfica.

En resumidas cuentas, cuando ya ha transcurrido un decenio de vigencia de la actual Ley de Aguas, nos encontramos con una realidad que es necesario aceptar y que pone en evidencia que si bien existen numerosos acuíferos bien conocidos, existen otros muchos o determinadas zonas de la cuenca en las que es necesario profundizar en el conocimiento. Como claros ejemplos de ello se podrían mencionar los acuíferos de cabecera o amplias zonas de la depresión del Guadalquivir, en las que si bien no existen unidades hidrogeológicas definidas, son numerosas las captaciones existentes y el interés de su conocimiento hidrogeológico es obvio.

Debido a que en la última década ha sido necesario dar respuesta a numerosos problemas planteados, desde los diferentes ámbitos de la Administración, se han producido a un ritmo frenético una gran cantidad de documentos que en gran medida se han basado en los datos existentes, sin que ello haya permitido el avance necesario en el conocimiento hidrogeológico.

De lo anteriormente expuesto se deduce la importancia del «Programa de actualización del inventario de recursos naturales de agua subterránea», previsto en el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas, que desarrollará la Dirección General de Obras Hidráulicas del MOPTMA con la colaboración de la Dirección General de Calidad de las Aguas del mismo ministerio y del ITGE. Se sabe que existen ya una serie de unidades incluidas en dicho programa, pero si el mismo no es suficientemente ambicioso nos podríamos encontrar, transcurridos algunos años, con una problemática parecida a la actualmente existente.

En relación con todo ello y basándonos en nuestra propia experiencia, después de haber colaborado durante quince años, en numerosos estudios desarrollados por diferentes organismos de la Administración, queremos dar nuestra opinión sobre la situación general de la cuenca en lo que a su co-

Existen numerosos acuíferos o amplias zonas de la cuenca en las que es necesario profundizar en el conocimiento hidrogeológico.

nocimiento hidrogeológico se refiere. Para ello hemos elaborado el mapa que se adjunta en el que considerando las unidades hidrogeológicas definidas en el «Estudio de delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio Peninsular e Islas Baleares y síntesis de sus características» (MOPU, 1988), se analizan cinco aspectos: Definición geométrica, parámetros hidrogeológicos, calidad y contaminación, funcionamiento hidráulico y balance, y aprovechamiento y usos del agua. Además de ello se tiene en cuenta si las diferentes unidades tienen definidas redes de control de la piezometría, hidrometría o calidad de las aguas subterráneas. El grado de conocimiento se valora en alto, medio y bajo, de acuerdo con las informaciones disponibles de las diferentes unidades hidrogeológicas. La valoración se hace para cada unidad hidrogeológica considerándola en su conjunto, por lo que en determinados casos, en los que pueden existir sectores bien conocidos, puede sorprender la valoración final obtenida.

Se han valorado únicamente aquellas unidades definidas en el estudio ya mencionado, quedando fuera de análisis unidades tan significativas como Grajales-Pandera. En general estas uni-

De las 52 unidades diferenciadas en la Cuenca del Guadalquivir, tan sólo en 3 existe un grado de conocimiento global alto, en 24 es medio y las 25 restantes presentan carencias más o menos importantes.

dades están afectadas por una valoración global baja en cuanto a su grado de conocimiento.

Tal como se puede deducir del cuadro-resumen y del esquema que se adjuntan, de las 52 unidades diferenciadas en la Cuenca del Guadalquivir (excluido el sector de Guadalete-Barbate), que totalizan una recarga evaluada en unos 2.145 hm³/año (equivalentes a 68.000 l/s continuos), tan sólo en 3 existe un grado de conocimiento global alto, en 24 se puede considerar un grado de conocimiento medio y las 25 restantes presentan carencias más o menos importantes a este respecto, de acuerdo con los criterios utilizados.

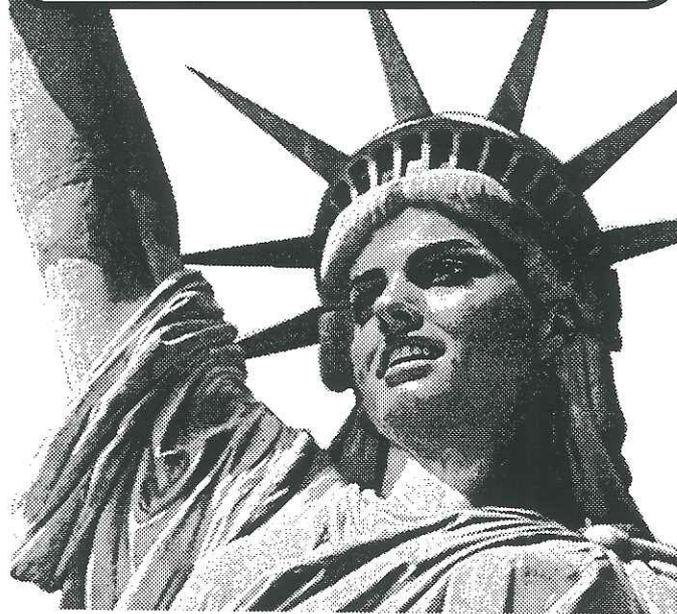
Desde el punto de vista de la cuantía de la recarga, las unidades hidrogeológicas con un bajo grado de conocimiento suponen el 45 % de los recursos evaluados y las mejor conocidas el 29 %, si bien es cierto que respecto a la explotación total que se realiza por bombeo (363 hm³/año, es decir el 17 % de la recarga evaluada) el porcentaje es del 19 % sobre las de bajo grado de conocimiento, del 47 % para las de grado medio y del 34 % en las 3 unidades mejor conocidas.

El menor grado de conocimiento recae en general en los acuíferos de tipo carbonatado, mientras que las unidades mejor conocidas son los acuíferos detríticos de mayor extensión, en los que existen modelos matemáticos de simulación del flujo subterráneo.

En definitiva será necesario profundizar en la investigación de las aguas subterráneas, para conseguir un incremento equilibrado de su explotación sin provocar otros efectos indeseables, consiguiendo así una mayor regulación y un uso más racional de los recursos disponibles.

Tal incremento ha de llevar aparejado un esfuerzo progresivamente creciente de investigación, por abarcar un gran número de unidades hidrogeológicas con recursos de menor cuantía que las más explotadas actualmente aunque de estructura y funcionamiento más complejos. A este respecto se considera que las previsiones del Programa de Actualización del Libro Blanco pueden ser francamente insuficientes. Los 650 MPTas. destinados a la Cuenca del Guadalquivir en dicho programa supondrán una media de 13 MPTas/unidad en las de conocimiento bajo o medio, sin considerar la necesidad de incluir nuevas unidades no definidas oficialmente. ■

*Para dominar el inglés
escoge la libertad !*



Escoge WALL STREET

- * **LIBERTAD DE HORARIO** (A conveniencia del alumno).
- * **LIBERTAD DE RITMO** (Ritmo de estudio personalizado).
- * **LIBERTAD DE ASISTENCIA** (Las mismas clases se repiten cada semana).

Porque a más libertad, más perseverancia y más éxito,
GARANTIZAMOS LOS RESULTADOS POR ESCRITO

Descuento Colegiados: 15 % ó 10 % descuento + 1 mes gratis

Inglés WALL STREET: Cada día más cerca

ALCALA DE HENARES

Teléf.: 883 63 41/42

CUATRO CAMINOS

Teléf.: 553 65 67

LA MORALEJA

Teléf.: 650 76 02

SEVILLA

Teléf.: (95) 492 12 85

ALCOBENDAS

Teléf.: 652 84 22

CUZCO-AZCA

Teléf.: 571 82 22

LAS ROZAS

Teléf.: 636 02 48

JEREZ

Teléf.: (956) 33 23 53

ALONSO MARTINEZ

Teléf.: 319 08 98

CHAMARTIN

Teléf.: 519 47 92

VAGUADA

Teléf.: 323 38 20/47 87

VALENCIA

Teléf.: (96) 395 71 71

ARGÜELLES

Teléf.: 543 29 67

LEGANES

Teléf.: 686 03 33

VELAZQUEZ

Teléf.: 435 18 38

BILBAO

(Próxima apertura)



WALL STREET INSTITUTE

SCHOOL OF ENGLISH

MAS DE 100 CENTROS EN EUROPA

DELIMITACION DE PERIMETROS DE PROTECCION EN EL ACUIFERO DE LA VEGA DE GRANADA. APLICACION A DOS SONDEOS DE ABASTECIMIENTO URBANO



J. C. Herrera Morcillo

Aqua Consultores. Ha trabajado durante varios años en el Instituto Tecnológico Geominero de España, en el campo de Hidrogeología aplicada en la Oficina de Proyectos de Granada. Crea la empresa AQUA CONSULTORES, en donde desarrolla su actividad actualmente colaborando con universidades, organismos como el ITGE, diputaciones provinciales y diversas empresas destacadas. Ha colaborado en los Atlas Hidrogeológicos de Granada y Jaén.



P. Martínez Fernández

Aqua Consultores. Licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada en 1991. Su actividad profesional se desarrolla en el campo de la hidrogeología y el medio ambiente. Desde 1992 colabora con la empresa AQUA CONSULTORES en diversos proyectos y estudios técnicos sobre exploración, captación, contaminación y gestión de los recursos hídricos subterráneos así como en evaluaciones de impacto ambiental de infraestructuras lineales.



M. Del Valle Cardenete

Licenciado en Ciencias Geológicas en la Universidad de Granada en 1966, inicia su actividad profesional como hidrogeólogo del «Proyecto del Guadalquivir» (primer gran estudio a escala regional realizado en España), realizado por la FAO y el Estado español. Continúa como Jefe de la Oficina Regional de Granada, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) hasta 1987. Desde junio de 1987 trabaja en el Servicio de Hidrología de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. En el período 71-73, colaboró, además, con la Cátedra de Hidrogeología de la Universidad de Granada, como profesor ayudante.

En la actualidad existe una preocupación creciente en lo que a la protección de la calidad de las aguas subterráneas se refiere, dentro del marco global de la preservación de nuestro medio ambiente.

Un capítulo de especial importancia, pues atañe a nuestra propia salud pública, es el referido a las aguas de abastecimiento público que, como es sabido, se encuentran reguladas en cuanto a su calidad físico-química-bacteriológica, por el Real Decreto 1138/1990 de 14 de septiembre, que establece unos stands de calidad muy estrictos que se han de mantener para el abastecimiento y control de las aguas potables de consumo público (B.O.E. 24-XI-90).

Dentro de esta preocupación manifiesta, hemos de indicar asimismo, las referencias encontradas en la Ley de Aguas (29/1985, de 2 de agosto de 1985) y en el Reglamento que la desarrolla (Real Decreto 849/1986, de 11 de abril), así como en el Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, que establece numerosas indicaciones para evitar la contaminación de los recursos hídricos subterráneos.

El presente artículo versa sobre la justificación técnica-hidrogeológica desarrollada para la delimitación de los perímetros de protección de los dos sondeos que actualmente abastecen al núcleo de Ogíjares, en la provincia de Granada.

Today there is increasing concern about the protection of subterranean waters, included in the general theme of the preservation of our environment.

Situación geográfica

El núcleo de Ogíjares, que se encuentra a unos 3 kilómetros al sur de Granada, se abastece de dos captaciones de agua subterránea: el «Sondeo San Antonio» y el «Sondeo del Río Dílar». El primero de ellos se sitúa entre Ogíjares y Armilla y el segundo un kilómetro al oeste de la localidad de Dílar, cerca del río del mismo nombre.

Contexto hidrogeológico

El acuífero de la Vega de Granada, en cuyo borde meridional se encuentran los dos sondeos objeto de estudio, está constituido por los depósitos aluviales cuaternarios del Río Genil y de sus afluentes en cabecera Dílar, Monachil, Darro, Cubillas y Velillos, ocupando una extensión aproximada de 250 Km², incluyendo los afloramientos de la Formación La Zubia. Litológicamente se compone de capas alternantes de gravas, arenas y limos, siendo más frecuentes las intercalaciones arcillosas en los bordes del acuífero.

Este acuífero está limitado por diversos materiales cuyo comportamiento hidrogeológico puede considerarse como acuitardo-acuicludo: margas y limos miocénicos en la parte meridional y conglomerados pliocuaternarios en el resto. Una excepción son las calizas jurásicas de Sierra Elvira, aflorantes en el borde centro-septentrional, que descargan subterráneamente parte de sus recursos hídricos hacia el acuífero de la Vega de Granada. El sustrato impermeable está constituido en gran parte por los materiales miocénicos ya referidos.

Respecto a la contaminación de los recursos hídricos subterráneos, los problemas más acuciantes son el aporte de fertilizantes y pesticidas y los vertidos de aguas residuales sin depurar, siendo cada vez más significativos los vertidos industriales aunque poco identificados en general. De esta manera, el contenido en nitratos, en muchos casos, sobrepasa los límites tolerables de potabilidad y, en algunos otros, también es manifiesta la contaminación microbiológica y de nitritos.

Perímetros de protección

Zonación de los perímetros de protección

La protección de las aguas subterráneas mediante la delimitación de perímetros de protección debe guardar un compromiso de equilibrio con la actividad socioeconómica de la región afectada. Este equilibrio se consigue con la división del perímetro en distintas zonas, de manera que se gradúen las restricciones impuestas en cada una de ellas.

Las actividades que quedan ligadas a la delimitación de estas zonas son de diverso tipo, abarcando las agrícolas, ganaderas, vertidos líquidos y sólidos urbanos, instalaciones industriales varias, apertura de nuevas captaciones, y otras más específicas referentes a hidrocarburos, residuos radiactivos, canteras e incluso redes de comunicación o instalaciones como campings.

En orden decreciente de limitaciones, se establecen tres sectores:

Zona inmediata o de restricción absoluta

Es la más próxima a la captación y en ella se prohíbe de forma tajante cualquier tipo de actividad. Su perímetro debe estar vallado, para impedir el acceso a personas no autorizadas.

Zona próxima o de restricción máxima

Abarca una extensión variable pero suficiente para proteger la calidad de las aguas subterráneas, ya sea por el poder autodepurador del terreno, ya sea por disponer de tiempo suficiente para tomar soluciones correctas antes de que la sustancia contaminante llegue a la captación.

Zona alejada o de restricciones moderadas

Corresponde a la zona más distante del pozo de abastecimiento, pero que pertenece a su área de recarga, por lo que en este sentido cierto tipo de actividades deben estar limitadas, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas, aunque ésta fuera efectiva transcurrido un período de tiempo más o menos prolongado.

Los problemas más acuciantes son el aporte de fertilizantes y pesticidas y los vertidos de aguas residuales sin depurar.

Criterios de delimitación

De los diversos criterios que se utilizan para la delimitación de perímetros de protección, tres de ellos ofrecen, a nuestro parecer, un mayor interés por su aplicabilidad y rigor hidrogeológico.

Tiempo de tránsito

Intenta evaluar el tiempo que tarda un contaminante en llegar a la captación que se pretende proteger. El objetivo que se persigue es la definición de isocronas o líneas de igual tiempo de llegada a la captación, con la suficiente amplitud para permitir la degradación del contaminante o disponer, en todo caso, de capacidad de reacción suficiente para adoptar alguna otra fuente alternativa de abastecimiento, hasta que la calidad del agua subterránea contaminada sea aceptable.

Criterios hidrogeológicos

Asume que toda la contaminación que se produzca en el área de alimen-

La protección de las aguas subterráneas mediante la delimitación de perímetros de protección debe guardar un compromiso de equilibrio con la actividad socioeconómica de la región afectada.

tación de una captación puede llegar a ella, transcurrido un cierto tiempo. Es necesario, por tanto, delimitar tales áreas teniendo en cuenta aportes de ríos, lagos, divisorias piezométricas, materiales impermeables, etc. La aplicación de este criterio supone la protección de extensas áreas, asumiendo las implicaciones socioeconómicas negativas que ello pudiera suponer.

Poder autodepurador del terreno

Considera la capacidad que posee el terreno para degradar las sustancias contaminantes o disminuir sus concentraciones, de tal manera que se asigne el recorrido mínimo, tanto en la zona no saturada como en la saturada, que debe realizar el agua contaminada para alcanzar una calidad admisible para el consumo humano. Si se utiliza este criterio es necesario analizar las características litológicas del acuífero, así como las propias del contaminante.

Para conseguir una elección correcta del criterio a seguir hay que tener en cuenta, para cada caso, tanto las consideraciones técnicas como las de tipo socioeconómico.

De acuerdo con el análisis de diversos aspectos técnicos efectuados por la Environment Protection Agency (EPA) estadounidense en 1987, y a falta de otros trabajos realizados en nuestro país, el tiempo de tránsito constituye el mejor criterio para delimitar perímetros de protección en acuíferos libres porosos, como el de la Vega de Granada.

Además, la metodología usada tiene que estar en concordancia con la disponibilidad de datos hidrogeológicos, sin que se pueda abordar, en la mayoría de los casos, otros métodos más precisos aunque de gran complejidad (control descensos-tiempo, modelos matemáticos de flujo y transporte, trazadores, etc.).

De cualquier modo, la información disponible en nuestro caso nos ha permitido seleccionar, entre varios métodos de fiabilidad aceptable, los de WYSSLING y de REHSE como los más adecuados. El primero se define para acuíferos porosos y homogéneos, adopta como criterio el tiempo de tránsito y nos permite zonificar y jerarquizar la protección, y el segundo cuantifica el poder autodepurador del terreno considerando tanto la franja saturada como la no saturada y resulta recomendable su utilización en aquellas

| | Sondeo Río Dílar | Sondeo San Antonio |
|-----------------------------|---|--|
| ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA | Método de Rehse | Método de Wyssling (isocrona 24 horas) |
| ZONA DE PROTECCIÓN MÁXIMA | Método de Wyssling (isocrona 60 días) | |
| ZONA DE PROTECCIÓN MODERADA | Criterios Hidrogeológicos/Método de Wyssling (isocrona 10 años) | |

Tabla n.º 1. Metodología aplicada para la delimitación del perímetro de protección.

áreas en donde el nivel piezométrico está próximo a la superficie.

Delimitación de los perímetros de protección

Se describe a continuación el procedimiento seguido para la delimitación de los perímetros de protección del Sondeo del Río Dílar y del Sondeo San Antonio, que abastecen al núcleo de Ogjares.

La metodología utilizada es de tipo mixto y, en cada caso y para cada zona de protección, se ha considerado oportuno aplicar aquel método cuyos resultados resultaran más coherentes desde el punto de vista hidrogeológico.

Los parámetros hidrogeológicos de ambas captaciones, obtenidos de forma empírica o extrapolados a partir de la bibliografía existente, se resumen en la siguiente tabla:

Zona de Protección Absoluta

Sondeo del Río Dílar

Dado que el nivel piezométrico en este sector se encuentra muy cerca de la superficie, con el consiguiente riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, se ha considerado conveniente aplicar aquel método que delimite una mayor área, como mejor

El tiempo de tránsito constituye el mejor criterio para delimitar perímetros de protección en acuíferos libres porosos, como el de la Vega de Granada.

garantía de salvaguarda de calidad de estos recursos hídricos. Este método resulta ser el de REHSE, que ofrece para este ejemplo un perímetro circular con centro en el sondeo y 50 metros de radio.

Sondeo San Antonio

En esta captación hay que diferenciar el perímetro de protección en verano y durante el resto del año, ya que se extrae un caudal continuo diferente.

Dado que el área de protección absoluta, en uno y otro caso, es similar, proponemos unificar ambas delimitando por exceso un sólo perímetro de protección para esta zona. Siempre tomando como punto de referencia la captación, la distancia aguas arriba será de 20 metros, y de 15 metros aguas abajo, con un ancho de 30 metros.

Zona de Protección Máxima

Sondeo del Río Dílar

En este sondeo la isocrona de 60 días define una zona de geometría semi-oval con un eje longitudinal de 370 metros (285 metros aguas arriba de la captación, 85 metros aguas abajo) y un eje transversal máximo de 390 metros y de 195 metros a la altura del pozo.

Sondeo San Antonio

En verano, el área a proteger tendría unas dimensiones longitudinales, paralelas al sentido de flujo subterráneo, de 340 metros (285 m aguas arriba de la captación y 55 m aguas abajo). La distancia perpendicular es de 110 m cerca del pozo y de 215 m alejado de él.

Durante el resto del año el perímetro de protección se reduciría algo de extensión, como corresponde a un menor caudal de explotación (ver **tabla n.º 2**) aunque consideramos conveniente proponer las dimensiones antes citadas como mejor garantía de salvaguarda de los recursos hídricos subterráneos.

Zona de Protección Moderada

Sondeos del Río Dílar y «San Antonio»

Puesto que se trata de delimitar y proteger aquella zona en donde el flujo de agua subterránea alcanza la captación tras un largo período de tiempo, generalmente 10 años, entendemos que la definición de la zona de protección moderada ha de realizarse en concordancia con el funcionamiento hidráulico del acuífero.

El funcionamiento hidrogeológico de todo sistema tiene como instrumento esencial la configuración de las isopiezas, que informan sobre el sentido de flujo de agua subterránea. De acuerdo con A. Castillo (1986), la dirección de flujo en las proximidades del «Sondeo del Río Dílar» debe seguir con relativa fidelidad el trazado del río, NW-SE en este sector. Según el mismo autor, la dirección de flujo en las proximidades del Sondeo de San Antonio es aproximadamente N 25 E, si bien hacia la parte meridional, que constituye el área de alimentación,

| PARAMETRO | SIMBOLO | VALOR | | UNIDADES |
|---------------------------|----------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| | | Sdo. Río Dílar | Sdo. San Antonio | |
| ESPESOR NO SATURADO | h | 5 | 70 | metros |
| ESPESOR SATURADO | b | 17 | 100 | metros |
| TRANSMISIVIDAD | T | 200 | 900 | m ² /día |
| PERMEABILIDAD | K | 1.4 x 10 ⁻⁴ | 1 x 10 ⁻⁴ | m/seg |
| GRADIENTE HIDRAULICO | i | 0.02 | 0.03 | adimensionado |
| POROSIDAD EFICAZ | m _v | 0.07 | 0.07 | adimensionado |
| CAUDAL CONTINUO DE BOMBEO | Q | 18 | 67 (verano) 50 (resto del año) | l/s |

Tabla n.º 2. Parámetros hidráulicos.

cambia hasta una dirección N - S.

Como el mapa de isopiezas utilizado como referencia (Mapa Hidrogeológico del Acuífero de la Vega de Granada, 1984) presenta lagunas en el trazado de las isopiezas para el área de estudio y dado que la delimitación del perímetro de protección debe alcanzar una extensión bastante amplia que garantice la calidad de los recursos hídricos subterráneos, estimamos que resulta suficiente considerar una anchura del área protegida de un kilómetro.

Asimismo, es importante destacar la influencia que puede ejercer el Río Dílar sobre el acuífero de la Vega, pues en el sector situado al W del núcleo de Gójar, el nivel piezométrico

La definición de perímetros de protección de la cantidad es, en cualquier caso, una tarea compleja, que debe abordarse bajo los planteamientos de los Planes Hidrológicos de Cuenca.

fluctúa estacionalmente, estando siempre a pocos metros de la base del cauce del río. Así, el Río Dílar puede ser, a veces, influente sobre el acuífero o, por el contrario, efluente, dependiendo de las circunstancias, probablemente de carácter estacional.

En el caso de que las aguas de este río se infiltren en el terreno, será necesario establecer las medidas pertinentes que garanticen la calidad de las aguas superficiales del río en toda la cuenca vertiente hacia este sector pues, al fin y al cabo, pueden, con el paso del tiempo, afectar al Sondeo del Río Dílar y, en menor medida, al Sondeo de San Antonio.

Por todo lo expuesto, definimos el área de protección moderada de acuerdo con criterios hidrogeológicos, aunque cerca de ambas captaciones se han tomado como referencia los datos obtenidos al aplicar el método analítico de Wyssling.

En las siguientes tablas se resu-

men las dimensiones de cada perímetro de protección.

Protección de la Cantidad

La legislación hidráulica española, además de salvaguardar la calidad de las aguas subterráneas, protege la cantidad del recurso extraído. La extensión de las zonas de protección de la cantidad pueden ser muy variables según cada caso, y para su obtención es

be abordarse bajo los planteamientos de los Planes Hidrológicos de Cuenca.

A falta, por el momento de éstos, se ha aplicado la metodología de Jacob para el cálculo del «Radio de Influencia», o distancia máxima en la que se produce un descenso del nivel piezométrico en el acuífero por efecto del bombeo.

El tiempo de bombeo considerado ha sido el tiempo de extracción máximo ininterrumpido, que en ambos sondeos es de 20 horas al día, estimándose

| | aguas arriba | anchura | | aguas abajo |
|--------------------------|--------------|------------|------------|-------------|
| | | lejos pozo | cerca pozo | |
| zona protección absoluta | 50 | - | 100 | 50 |
| zona protección máxima | 285 | 390 | 195 | 85 |
| zona protección moderada | 2.500 | 1.000 | 195 | 85 |

Tabla n.º 3. Dimensiones del Perímetro de Protección del Sondeo del Río Dílar (en metros).

| | aguas arriba | anchura | | aguas abajo |
|--------------------------|--------------|------------|------------|-------------|
| | | lejos pozo | cerca pozo | |
| zona protección absoluta | 20 | - | 30 | 15 |
| zona protección máxima | 285 | 215 | 110 | 55 |
| zona protección moderada | 2.750 | 1.000 | 110 | 55 |

Tabla n.º 4. Dimensiones del Perímetro de Protección del Sondeo San Antonio (en metros).

necesario realizar estudios hidrogeológicos muy completos, en el que el uso de modelos matemáticos de flujo tienen gran relevancia, pues con ellos es posible simular diferentes hipótesis de extracciones de aguas subterráneas, permitiendo analizar los diversos efectos que se producen en diferentes puntos del acuífero.

La definición de perímetros de protección de la cantidad es, en cualquier caso, una tarea compleja, que de-

se que las cuatro horas restantes se produce una recuperación del nivel de agua. De tal forma, se ha considerado oportuno aplicar un tiempo de bombeo para el establecimiento del perímetro de protección de la cantidad de 20 horas.

En principio, para el Sondeo del Río Dílar el perímetro de protección de la cantidad quedaría definido por una circunferencia con centro en la captación, y de radio igual a 75 metros. No obstante y de acuerdo con el artículo 184

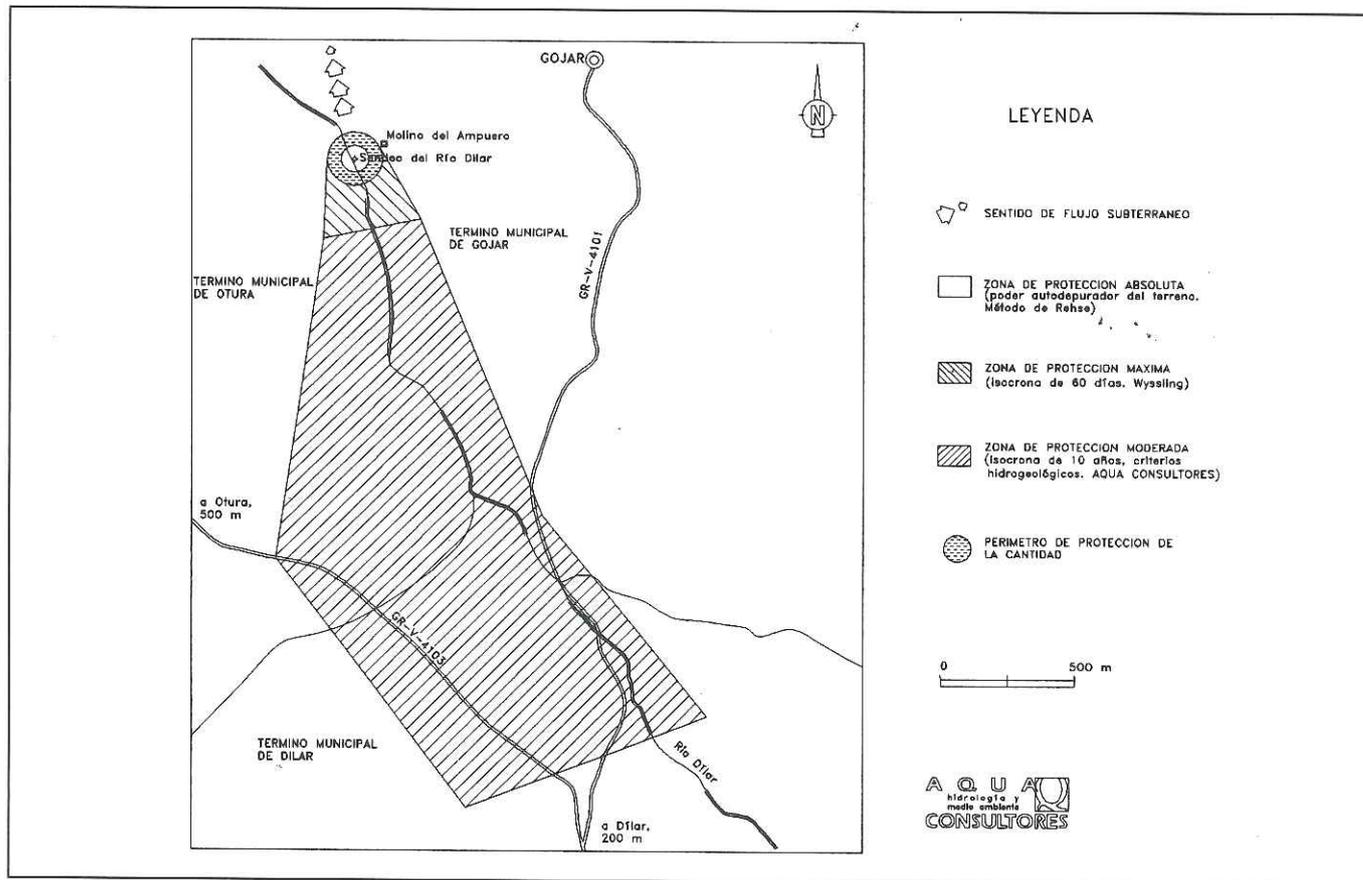


Fig. 1. Propuesta de Perímetro de Protección del Sondeo del Río Dilar. Abastecimiento a Ogdjares (Granada).

del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que establece una distancia mínima entre pozos de 100 metros, consideramos conveniente ajustarnos a la normativa legal delimitando finalmente para el Sondeo del Río Dilar un perímetro circular de protección de la cantidad de 100 metros de radio.

Para el sondeo de «San Antonio» resulta, al aplicar la misma metodología, un perímetro circular con centro en dicho sondeo, y de radio igual a 155 metros.

Resumen y reflexiones

La legislación de aguas española establece la figura del perímetro de protección como un instrumento para la salvaguarda de las aguas subterráneas, tanto en su aspecto cualitativo como cuantitativo. Aunque sólo se considera un perímetro de protección, esta misma legislación admite implícitamente una zonificación del perímetro en la que se han de delimitar o restringir ciertas actividades.

De entre todos los criterios que han resultado operativos para la concreción de perímetros en los sondeos

del Río Dilar y de «San Antonio», nos ofrecen mejores garantías de exactitud los que se refieren al poder autodepurador del terreno, el tiempo de tránsito

Parece razonable establecer la propuesta de mantenimiento de algún sistema de vigilancia técnica de estos aspectos, tal que pudiera asumirse, ante situaciones hidrogeológicas de contorno nuevas, la modificación espacial de las distintas zonas que componen los perímetros de protección inicialmente propuestos.

o los criterios hidrogeológicos de carácter general.

En base a estos criterios, se han definido 3 zonas de protección en las que varían las restricciones de actividades:

- Zona inmediata de protección absoluta.
- Zona próxima de protección máxima.
- Zona alejada de protección moderada.

La metodología empleada para la definición de la zona de protección absoluta ha sido, para el Sondeo del Río Dilar, el método de Rehse pues tiene en cuenta en su análisis el espesor de la franja no saturada que, en este sector, es muy reducida, con el consiguiente riesgo de contaminación inmediata de las aguas subterráneas. En el caso del Sondeo de «San Antonio» se ha aplicado la metodología de Wyssling para una isocrona de 24 horas.

Con este última metodología se ha definido, en ambos sondeos, la zona de protección máxima considerando un tiempo de tránsito de 60 días.

La zona alejada o de protección moderada se ha definido mediante criterios hidrogeológicos (zona de ali-

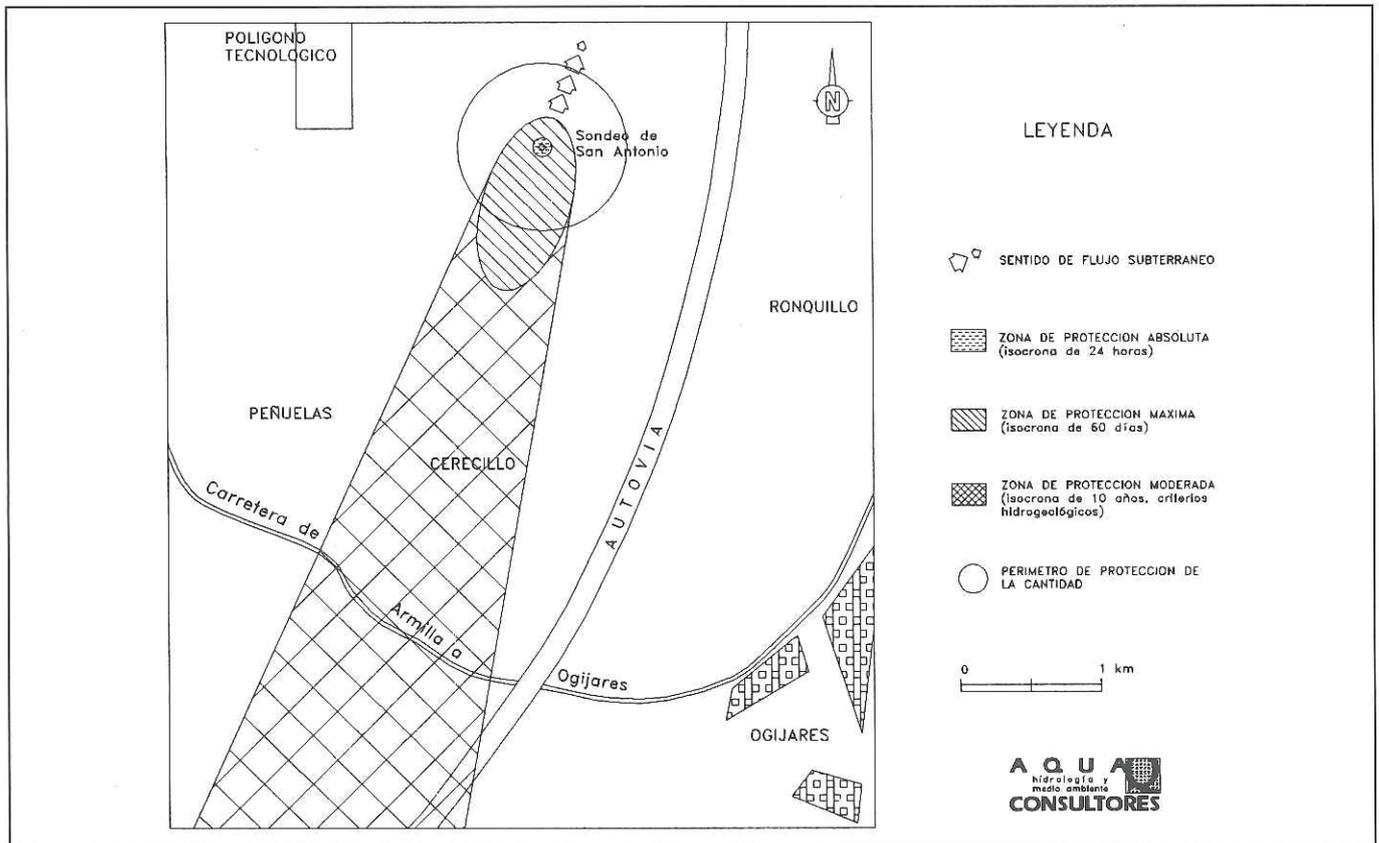


Fig. 2. Propuesta de Perímetro de Protección del Sondeo San Antonio. Abastecimiento a Ogijares (Granada).

mentación y líneas de flujo) aunque cerca del pozo se ha tenido en cuenta las dimensiones calculadas por el método analítico de Wyssling.

La protección del acuífero, desde el punto de vista de preservar la cantidad del caudal extraído, no puede limitarse a una sola captación sino que debe estar referida a zonas más amplias, acuíferos o unidades hidrogeológicas, de acuerdo con lo establecido por los Planes Hidrológicos de Cuenca. No obstante, se ha considerado como primera aproximación aplicar la formulación de Jacob, resultando para el Sondeo de «San Antonio» un perímetro circular de radio igual a 155 y para el Sondeo del Río Dílar un círculo de 75 metros de radio, si bien en este último caso se ha creído más conveniente la ampliación de este perímetro hasta los 100 metros, distancia mínima estipulada por la reglamentación vigente para caudales superiores a 0,15 l/s

La principal reflexión que surge del análisis técnico de los perímetros de protección establecidos, es la que se refiere al sentido del flujo subterráneo, que basado a veces en datos puntuales en el tiempo o inconcretos, obliga, a tenor de las metodologías utilizadas, a establecer zonas de protección de geome-

tría alargada que pudieran no ajustarse a los cambios venideros que sufra la superficie piezométrica en el acuífero.

La apertura de nuevas explotaciones de cierta envergadura, como las que actualmente se construyen para el apoyo de la dotación de abastecimiento a la ciudad de Granada, pudieran modificar sensiblemente la orientación de los sentidos de flujo, aunque ello sólo ocurriera de manera estacional. Así pues parece razonable establecer la propuesta de mantenimiento de algún sistema de vigilancia técnica de estos aspectos, tal que pudiera asumirse, ante situaciones hidrogeológicas de contorno nuevas, la modificación espacial de las distintas zonas que componen los perímetros de protección inicialmente propuestos. ■

Bibliografía

- IGME (1984): Protección de las aguas subterráneas en los abastecimientos urbanos.
- ITGE (1989): Contaminación de las aguas subterráneas. Problemática de los nitratos y su incidencia en España.
- ITGE (1989): Protección de la calidad de las aguas subterráneas en los abastecimientos urbanos.
- IGME (1988): Perímetros de protección en sondeos de abastecimiento urbanos.
- MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO /

FEDERACION ESPAÑOLA DE MUNICIPIOS Y PROVINCIAS (1992): Las aguas potables de consumo público. Guía para la gestión local de la vigilancia sanitaria.

Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. R.D. 849/1986, de 11 de abril.

Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los Títulos I, IV, V, VI y VII de la Ley de Aguas.

A. CASTILLO (1986): Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada.

IGN. Hoja 1026 - II (E): 1/25.000

ITGE. Hoja geológica n.º 1.026 «Padul» (E): 1/50.000

M. VILLANUEVA; A. IGLESIAS (1984): Pozos y Acuíferos. IGME.

A. CASTILLO (1984): Mapa hidrogeológico del acuífero de la Vega de Granada.

ITGE, 1989: Atlas Hidrogeológico de la provincia de Granada.

LOPEZ GETA et al.: Captaciones de agua subterránea. Perímetros de protección. Revista Tecnol. Ambiente, n.º 8. Julio 1991.

LOPEZ GETA et al.: Protección de la calidad de las aguas subterráneas de abastecimiento mediante perímetros de protección. Comunicación a la 2.ª ponencia. 9.ª Conferencia Internacional sobre Hidrología General y Aplicada. 9.ª Saló Internacional del Agua.

AQUA CONSULTORES (1993): Propuesta de Establecimiento de Perímetro de Protección del Sondeo San Antonio. Abastecimiento a Ogijares (Granada).

AQUA CONSULTORES (1993): Propuesta de Establecimiento de Perímetro de Protección del Sondeo del Río Dílar. Abastecimiento a Ogijares (Granada).

AQUA CONSULTORES (1993): Análisis de la disponibilidad de caudal y parámetros de calidad del agua del actual sistema de abastecimiento de Gójar (Granada).

Control económico y efectivo de las emisiones de macropartículas

Una empresa británica fabrica un económico detector de emisiones de macropartículas que, con toda precisión, controla y mide emisiones másicas y concentraciones de descargas de chimeneas. El detector de emisiones másicas de macropartículas (PMEM, en sus siglas inglesas) *Cerebus*, de la firma *Environics Cerebus*, ha sido concebido pa-

ra registrar datos durante más de 10 años y se ajusta tanto a los requisitos que impone la legislación actual como a los que quizá se adopten en el futuro.

Gracias a un diseño de avanzada, el detector presenta muchas más ventajas que los medidores de polvos corrientes, entre ellas la retroinformación. Además, las reducciones potenciales en la producción de desechos y la optimización del equipo de filtración garantizan una mínima amortización para el usuario.

Funciona como unidad autónoma, pero puede también instalarse como red para instalaciones multipunto, permitiendo el control de un máximo de 128 puntos.

La precisión del detector no se ve afectada por errores comunes. Un sistema óptico a través de los conductos, que incorpora electrónica para la auto-calibración del receptor, garantiza que las lecturas sean insensibles a la suciedad de las ventanas-sensores y a otros factores perjudiciales, tales como defectos de alineación, deterioro de la fuente o condiciones cambiantes de la luz ambiente.

Las lecturas indican la concentración de las partículas, la emisión másica y la opacidad y permiten establecer niveles de alarma y de autodiagnóstico. El contenido de oxígeno, la temperatura, la presión y la velocidad del flujo también aparecen proyectados en pantalla.

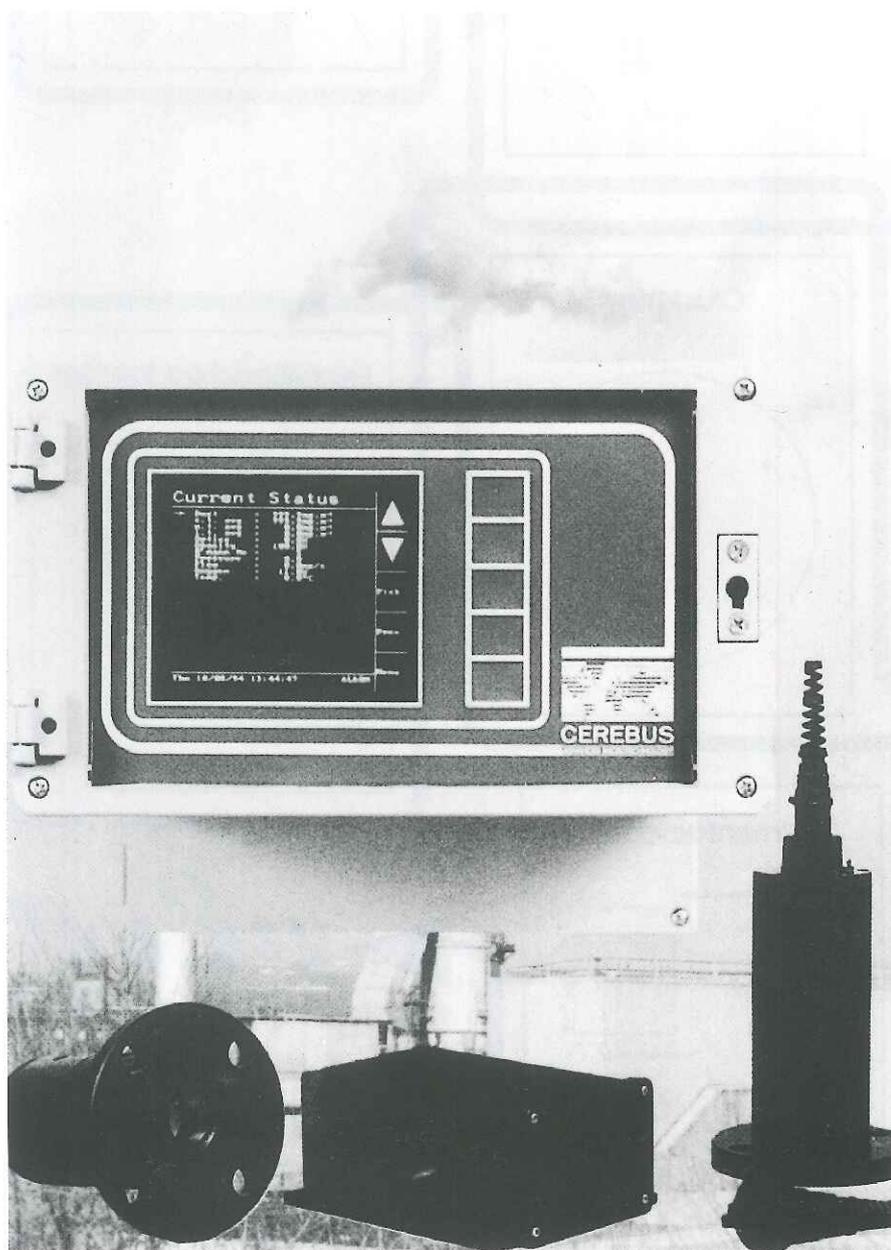
Un registrador de datos suministra una representación visual numérica/gráfica desplazable a intervalos de 15 minutos durante 12 meses y tiene una capacidad de expansión de hasta 11 años. Un registrador de acontecimientos capta 1.000 acontecimientos sobre una base de rotación a fin de cumplir con los requisitos de información por excepción.

El instrumento es parte de una gran línea de equipo de alto rendimiento para la detección en gran escala de emisiones de partículas y polvos que fabrica la empresa.

Para más información dirigirse a: Environics Cerebus Ltd, 237/239 Oldham Road, Springhead, Oldham, Lancashire, Inglaterra OL4 4QL. **Contacto en la compañía:** Mike Riding. **Tel:** (+44) (161) 628 5243. **Fax:** (+44) (161) 628 5245.

CLASIFICACION: Equipo de control/emisiones de polvos y partículas.

UTILIZACION: Los sectores de la explotación de canteras, el suministro de energía, la metalurgia, la elaboración farmacéutica y la fabricación de muebles.

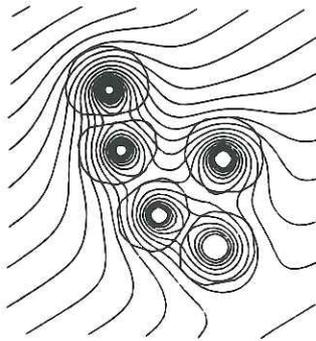


EL SOFTWARE

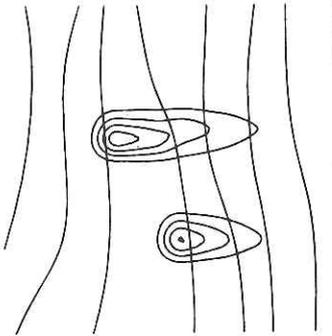
Restitución topográfica



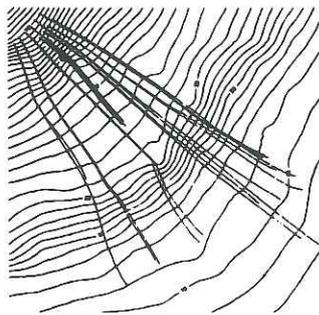
Isócronas



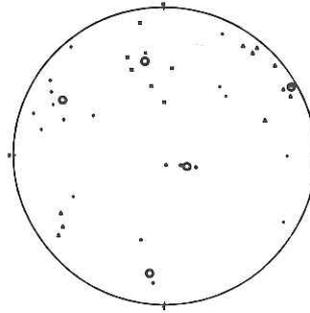
Concentraciones



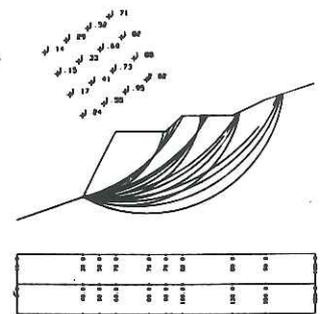
Análisis de desprendimientos



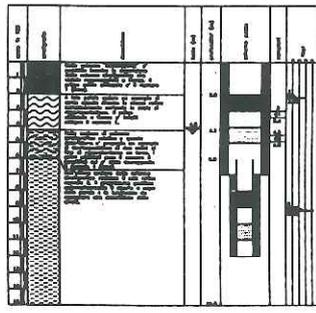
Clustering



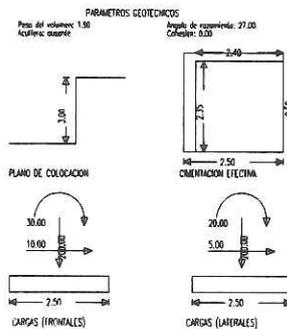
Estabilidad de taludes



Estratigrafía



Cimentaciones



geo&soft
international

Distribuidor Exclusivo:
Cúbic Serveis Tecnològics
C/ Llacuna 162 Ofic. 412 Barcelona
Tel. (93) 401.96.64 - Fax (93) 401.96.65

LOS MUSEOS DE HISTORIA NATURAL EN EL CIBERESPACIO



Carlos Busón Buesa

Colegiado 1.999. En la actualidad efectuando el doctorado en la UNED.

Con el desarrollo de Internet, la realidad virtual y en el futuro las autopistas de la información, se han abierto nuevas ventanas y formas de ampliar la manera de transmitir el conocimiento de los Museos de Historia Natural, que podrán permitir borrar las barreras físicas de sus edificios y nos enseñan a través de las nuevas tecnologías las maravillas que guardan en su interior.

Según los diccionarios, un museo es «un edificio o lugar destinado para el estudio de las Ciencias y Bellas Artes», según Giraudy y Bouilhet (1977) en una sencilla pero clara definición han propuesto que «El Museo es la casa de los objetos de los hombres» aunque podríamos precisar un poco más y diremos que es la casa de los objetos de la Tierra. Un museo es aquel lugar que acudimos para observar y estudiar las maravillas que nos proporciona este hermoso planeta, podemos acudir con una doble intención, la investigación de un tema concreto o simplemente la búsqueda del conocimiento y de la cultura. Hasta hace pocos años si queríamos saber lo que podríamos encontrar en un museo teníamos que acudir en persona y realizar la clásica visita por sus pasillos.

En este artículo analizaremos brevemente un nuevo tipo de museo, el

Museo Virtual, es decir, aquel museo que no está limitado por las paredes físicas del propio edificio sino que está inmerso en el ciberespacio, (término de moda) que no es otra cosa que un mundo artificial creado por el ordenador. El término ciberespacio fue acuñado en 1984 cuando Willian Gibson autor de ciencia ficción publicó su obra *Neuromancer*, en la que nos muestra un hipotético mundo del futuro en donde el hombre encuentra la felicidad, en un mundo mejor creado con la ayuda de los ordenadores. Un ordenador crea una imagen tridimensional de un espacio cualquiera, que puede ser una copia de la realidad o ser un escenario que sale de la fantasía. En la **figura 1** tenemos la imagen de un escenario virtual aunque parezca una imagen fotográfica de una catedral no lo es, es una imagen virtual. En la actualidad existen programas (en su inmensa mayoría



Figura 1. Aspecto que presenta el interior de una catedral creada por ordenador.

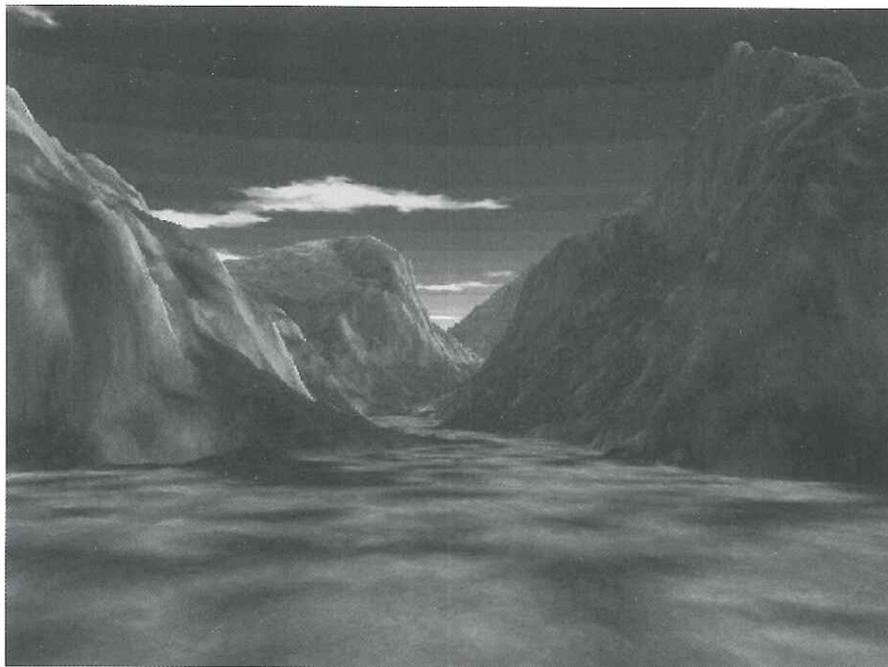


Figura 2. Un río de lava virtual se desplaza a través de un valle.

juegos) que nos permiten movernos por un escenario ficticio, que sólo existe en formato digital dentro de un CD ROM o en el disco duro de un ordenador. Aparte de movernos libremente a través de este paisaje ya es incluso posible percibirlo con una serie de periféricos como pueden ser guantes y otros accesorios que se adaptan a nuestro cuerpo y hacen que sintamos sensaciones de tacto. Esta forma interactiva de jugar con nuestros sentidos, desde luego no es más que el resultado de miles de cálculos matemáticos que efectúa la máquina y que dependen de los ángulos de observación en el espacio y el tiempo.

Podemos pensar que esto no son más que fantasías pero como ejemplos cabe mencionar que la ciudad austríaca de Linz está desarrollando el museo del siglo XXI con la ayuda de los nuevos medios telemáticos, y una gran parte del proyecto se está realizando con realidad virtual; la NASA está aplicando la tecnología de la realidad virtual para sus futuras misiones en Marte, en que se controlan naves no tripuladas mediante guantes de datos y gafas de realidad virtual desde grandes distancias. Como se puede ver se están desarrollando técnicas que podrían ser incorporadas a los museos; en un futuro no demasiado lejano, se podrían realizar paleoreconstrucciones (de la que esté más en vigor en ese momento) en que el observador no sólo se limitará a observar un cuadro o una maqueta ex-

puesta en un museo, sino que será posible recorrerla como si estuviera dentro de ella y de la impresión de que ese mundo sigue vivo aunque haya dejado de existir hace millones de años, (¿había pensado alguna vez darse un paseo por el Cretácico o visitar Marte?). Podríamos visitar escenarios naturales de alto interés situados a miles de kilómetros sin salir de una sala, los críticos dirán que eso nunca será como la realidad, estoy plenamente de acuerdo no existe nada más hermoso que un sencillo pero real contacto con la naturaleza,

za, sin embargo se podría enseñar al gran público escenarios que difícilmente podrían ver en directo, póngase como ejemplos el gran Cañón del Colorado, el desierto australiano, un paisaje del carbonífero etc. De hecho la tecnología virtual ya está presente en nuestros hogares, quien no ha escuchado un concierto de música clásica en la comodidad de su salón con tan sólo apretar un botón. Con el desarrollo de un Museo que incorpore este tipo de tecnología, permitiría que cualquier persona independientemente de sus recursos económicos puedan ver y sobre todo aprender, con un mayor detalle como son o han sido ciertos paisajes de zonas remotas de nuestro planeta.

Los grandes museos de Historia Natural por sus características de institución normalmente se encuentran en grandes ciudades donde cualquier habitante de éstas lo único que tiene que realizar es coger cualquier transporte público y acudir a visitarlo, pero para los ciudadanos que viven a cientos de kilómetros el acudir a uno no es tan sencillo y no digamos si se quiere acudir a alguno en el extranjero.

Un museo debe de darse a conocer para que cualquier persona sepa los enormes recursos que se encuentran disponibles y que representan los siglos de arduas recopilaciones de especímenes por todo el mundo por parte de su personal cualificado y que difícilmente, ninguno de nosotros podría verlos en su ambiente natural por mucho que vivamos y recorramos a lo lar-



Figura 3. Muestra mineral que se puede ver en el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Pisa (Italia).



Figura 4. Muestra mineral que se puede ver en el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Pisa (Italia).

go y ancho de nuestro planeta. La falta de divulgación hace que el gran público desconozca lo que contienen a pesar de su enorme atractivo e importancia en el campo de la cultura.

El dar a conocer los contenidos de un museo a través de las nuevas tecnologías que se están desarrollando podríamos dividirlos básicamente en cuatro fases. Una primera fase, en que la institución daría una información básica acerca de sus contenidos, horarios, exposiciones previstas, teléfono y buzón electrónico de contacto, etc. haciendo la función del clásico servicio de información al público, esto se podría conseguir mediante las páginas Web de Internet. Una segunda fase sería dotar las páginas Web puestas en la red de un contenido técnico específico, es decir, poner algunos recursos de los miles de que dispone un museo en formato digital para crear exposiciones multimedia sobre el contenido del mismo, el poner en la red algunas imágenes atractivas de los ejemplares más relevantes actuarían como un buen cartel publicitario. Asimismo, el poder dotar de un sistema de consulta interactivo de los recursos bibliográficos pueden servir de mira de referencia a cualquier investigador de cualquier parte del mundo que se encuentra. En las figuras 3 y 4 se pueden observar muestras minerales que se pueden ver en el museo y que se dan a conocer en la red, si observamos la figura 5 podemos ver el Web del Museo de Ciencias Naturales del Estado de Texas que nos propor-

ciona una abundante información de esta institución que se pone a disposición del público por la red Internet. La tercera fase estaría en consonancia con la segunda y se concentraría dotar de material tecnológico suficiente en las instalaciones del museo, ordenadores de consulta el público, medios audiovisuales de vanguardia, realización de investigaciones para dotar el centro de equipos de realidad virtual que simulen escenarios, etc., esta fase estaría muy

en línea de los actuales museos de ciencia de nuestro país como pueden ser de Barcelona o el de La Coruña o de otros que están siguiendo este innovador sistema. La cuarta fase aún está por llegar ya que no existen por el momento soporte físico para lo que se conocen como superautopistas de la información para la transmisión de lo que sería el museo virtual del futuro por la red y que llegaría a todos los hogares pero que sería interesante investigar.

El introducir datos de un museo en la red Internet ha servido básicamente dar una información de la institución, horarios, visitas que se pueden realizar, publicaciones, guías didácticas, etc. también puede informar a investigadores de los fondos catalogados y bibliográficos de que dispone que permiten ahorrar así muchas horas de trabajo cuando se está buscando algo concreto y no se encuentra en ninguna parte (fig. 6). Ahora se han desarrollado museos multimedia en la que podemos conjugar el vídeo, textos, imágenes y sonidos que son más entretenidos sobre todo para los más jóvenes en su manera de adquirir el conocimiento.

El poder saber de antemano qué es lo que nos vamos a encontrar es muy importante ya que se pueden aprovechar al máximo y planificar las visitas pedagógicas que se realicen a dichos centros, e incluso participar en las ac-

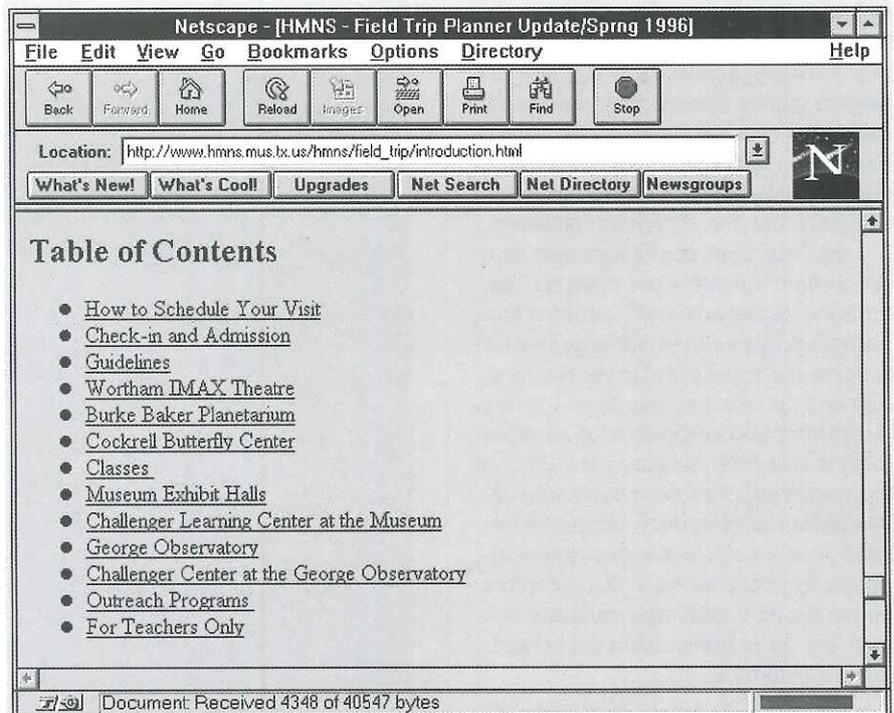
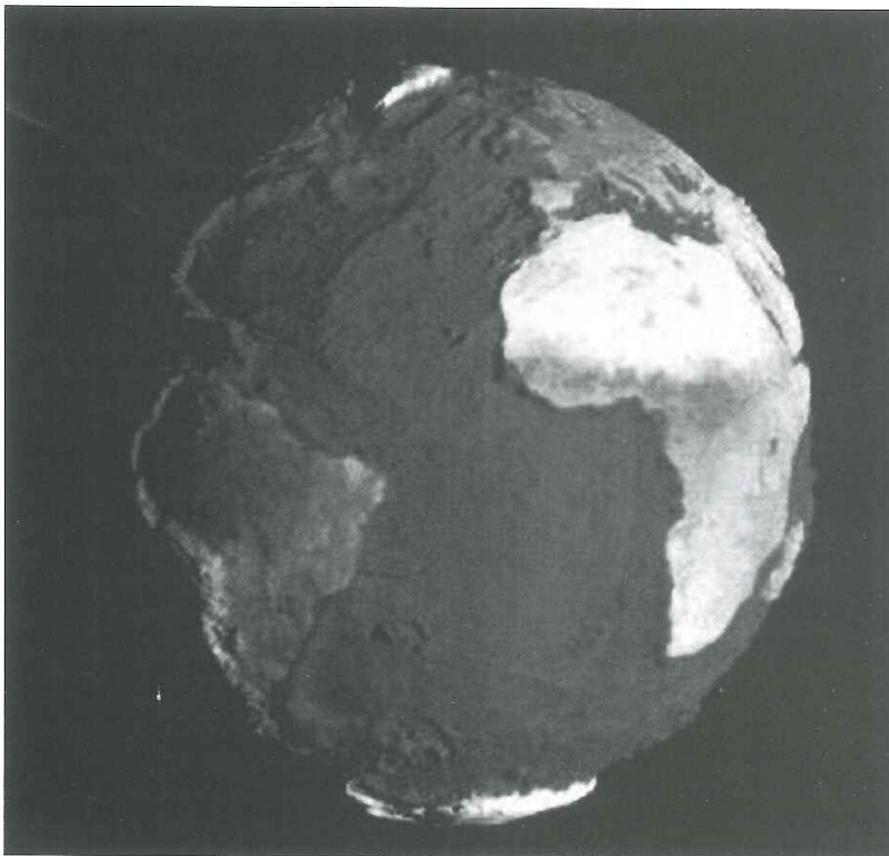


Figura 5. Aspecto que presenta el Web del Museo de Ciencias Naturales de Texas.



los especímenes almacenados en el museo, al acudir en vivo se tiene la ventaja de poder observar el objeto en sí y poder apreciarlo en toda su dimensión, la ventaja del museo virtual es que podrá permitir el acercarse los fondos y la abundante información que se guarda tras sus paredes al mundo exterior, para que millones de personas sepan lo que contiene y si algún día nos acercamos a una de estas lejanas (y cercanas) ciudades dispongamos de información actualizada de lo que podemos ver, sus horarios, guías, publicaciones que podremos adquirir y los fondos documentales que están disponibles o incluso podemos hacer amistad con algún contacto a través del correo electrónico que luego nos guíe en una visita real. La red Internet nunca podrá (ni quiere) sustituir un museo real pero nos puede descubrir los que ya existen. El museo de historia natural es un complemento ideal para estudiar y completar una serie de conocimientos teóricos que se encuentran en libros, videos y actualmente en publicaciones electrónicas. Una imagen en un libro o en la pantalla de un ordenador están muy bien pero no tienen nada que ver con la realidad misma.

tividades y talleres que organizan a distancia.

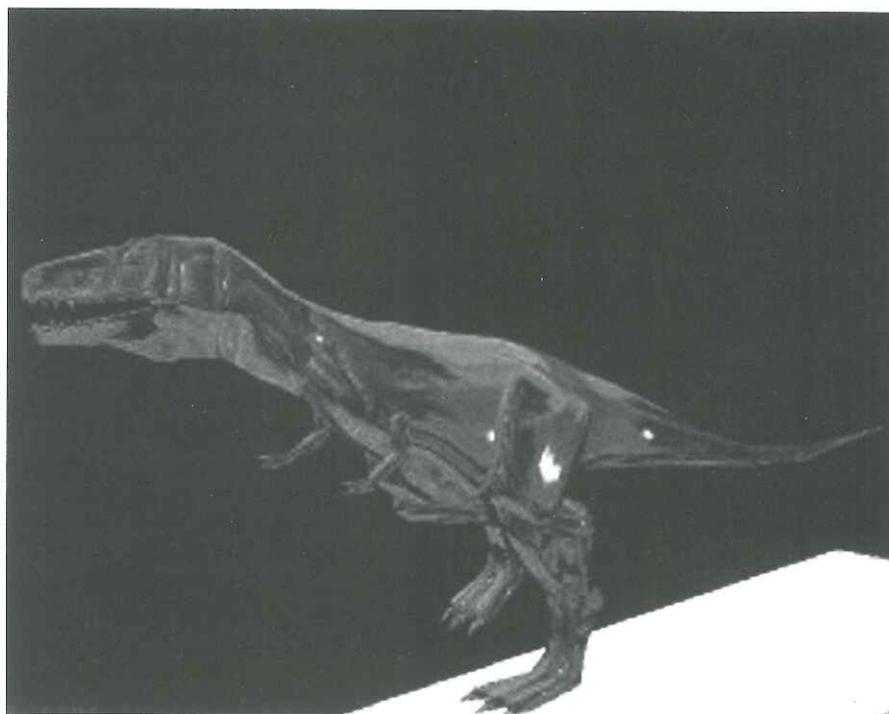
Como habíamos comentado antes, en el futuro, cuando se desarrollen las Autopistas de la Información el acudir a un museo ya no se limitará a ver su contenido cuando acudamos a una visita física, sino que podremos acudir a cualquier museo del mundo (que se encuentre conectado y de un buen servicio) y visitarlo a través de la realidad virtual sin salir de nuestra casa y saber cuáles son las riquezas que esconde, parece ciencia ficción pero las investigaciones van por ese camino, ya veremos cómo se desarrollan y si de verdad funcionan.

Se creará una nueva forma de captar el conocimiento y por tanto será necesario adaptarse a estos cambios tecnológicos que se impondrán pese a las reticencias y los recelos de muchos, hay que aprovechar esta nueva forma de ampliar el conocimiento e incorporarla a nuestros museos para dar un mejor servicio. Los museos no sólo deben recopilar el conocimiento del pasado y ser las clásicas instituciones, sino que es importante que se conviertan en puntos de vanguardia en la investigación y en la transmisión del conocimiento y cultura.

Con esto no quiero decir que los viejos museos estén pasados de moda sino todo lo contrario, la red Internet

ha servido para que muchos de nosotros acudamos y conozcamos museos situados a miles de kilómetros y descubramos algunas de las maravillas que encierran, esto puede ser de gran utilidad cuando en una investigación buscamos algo y no sabemos dónde podemos encontrarlo, podremos ver a través de nuestra pantalla

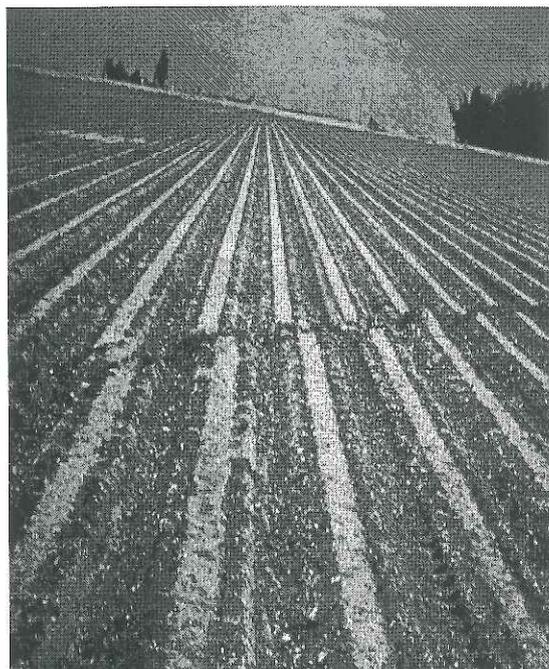
A continuación en la sección de informática de este número os damos algunas interesantes direcciones de museos en los que podremos ver algunos ejemplos de museos en el ciberespacio y alguna de sus estrategias que tienen para darse a conocer. ■



GEA-CD

INNOVACION + CALIDAD

Una herramienta indispensable para competir en el mercado de las Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente



La más amplia recopilación de shareware en soporte CD-ROM

- Ingeniería Geológica
- Hidrogeología
- Medio Ambiente
- SIG - Teledetección
- y mucho más, 250 aplicaciones, fotografías, textos, etc...

TARJETA DE PETICION

Les ruego me envíen al precio de
+ 700 ptas para gastos de envío por unidad:

3.500 ptas. COLEGIADOS
5.000 ptas. NO COLEGIADOS
TOTAL ptas.

CIF o DNI: N.º COLEGIADO

NOMBRE:

DIRECCION:

POBLACION:

CP: TFNO.:

FECHA: Firma:

FORMAS DE PAGO

A nombre del Colegio Oficial de Geólogos de España

- Adjunto cheque por ptas.
 Transferencia Bancaria a la C/C n.º 0601372378 BANCO POPULAR
(Ag 0075). Glorieta de Cuatro Caminos, n.º 4. 28003 MADRID.
(Adjuntar fotocopia)

Se ruega remitan sus pedidos a: ICOG, Avda. Reina Victoria, n.º 8, 4.º B.
28003 MADRID (ESPAÑA). Teléf. 5532403. Fax: 5330343

INFORMATICA

HARDWARE

En este número de la revista os hablaremos de la fotografía del futuro que viene, es decir la fotografía digital. Ya se encuentran disponibles en el mercado diversas cámaras digitales con tecnología CCD (fig. 1), aunque son pocos los fabricantes que construyen este tipo de aparatos poco a poco se irán generalizando a medida que aumenten sus prestaciones y disminuyan su precio.

Cuando alguno de nosotros deseaba manejar fotografías en su ordenador debía recurrir a recopilaciones hechas por terceros o por compañías de software, distribuidas monográficamente sin satisfacer del todo los gustos de cada persona particular.

Con el auge del vídeo profesional se desarrollaron nuevas tecnologías en el campo de la imagen que ahora se implementan en las nuevas cámaras digitales, el chip que ha permitido este cambio es el chip CCD que es capaz de transformar la luz en datos digitales a gran velocidad. El Dispositivo de Acoplamiento de Carga (Charged Coupled Device, CCD) puede ser de dos tipos: lineal o matricial, pero en ambos casos se trata del mismo principio, una serie de celdas fotosensibles se disponen en fila o matriz en un número que determina la resolución del dispositivo. Al incidir la luz sobre las celdillas, éstas se acoplan con una carga proporcional a la intensidad de la radiación incidente. Tras el cierre del obturador, la carga acumulada se transfiere, línea por línea, desde la matriz a un circuito modulador, en el caso de una cámara de vídeo analógico, o digitalizador, en el caso de una cámara digital.

Posteriormente pasamos las imágenes capturadas a nuestro ordenador mediante diversos sistemas según el modelo y marca de la cámara y posteriormente las tratamos como si dispusiéramos de un laboratorio profesional con cualquier software de retoque fotográfico.

Actualmente los precios de estas cámaras son algo elevados y no se están imponiendo como cabría esperar pero como decía antes a medida que se abaraten los costes y se mejoren las prestaciones podremos al fin sacar nuestras propias fotografías sin tener

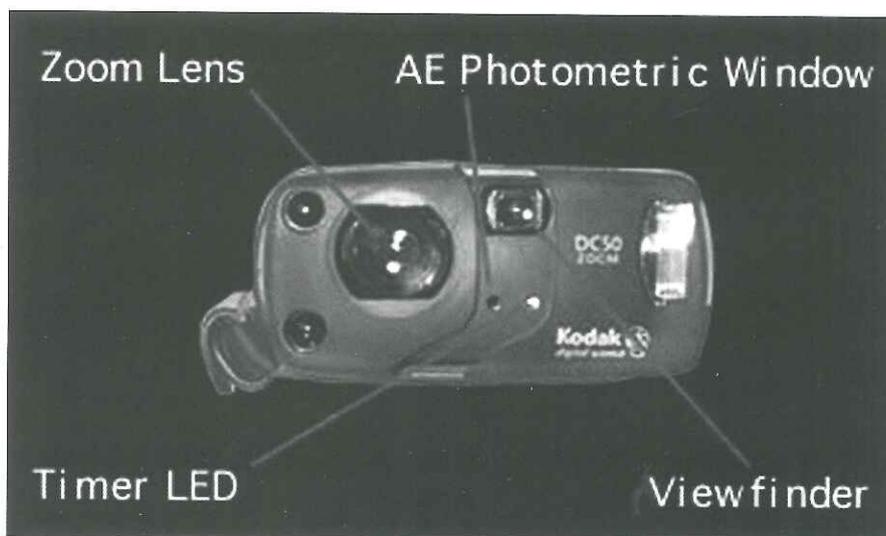


Figura 1. Aspecto que presenta el último modelo de cámara digital de la casa Kodak.

que pasar por un laboratorio fotográfico y esperar que nos las revelen.

Si no dispones de una cámara digital no debes preocuparte existen otros métodos para transformar las imágenes fotográficas del negativo a un formato digital como son, el formato Kodak PhotoCD de tecnología Kodak en que solicitamos en la tienda donde nos revelan la película que nos pasen el contenido de nuestra de 35 mm a un CD-ROM, que luego podemos verlas en el ordenador. Si dispo-

nemos del Soft adecuado podemos hacer un tratamiento fotográfico posterior, otro método consiste en utilizar un escáner pero éste lo dejaremos para el próximo número en que os daremos pistas de algunas de las enormes posibilidades de estos aparatos.

Parece que se está imponiendo en el campo de la fotografía digital el sistema de Kodak, lo único que debemos hacer cuando llevemos nuestro carrete a revelar es solicitar que nos pasen nuestras fotografías a un CD-ROM

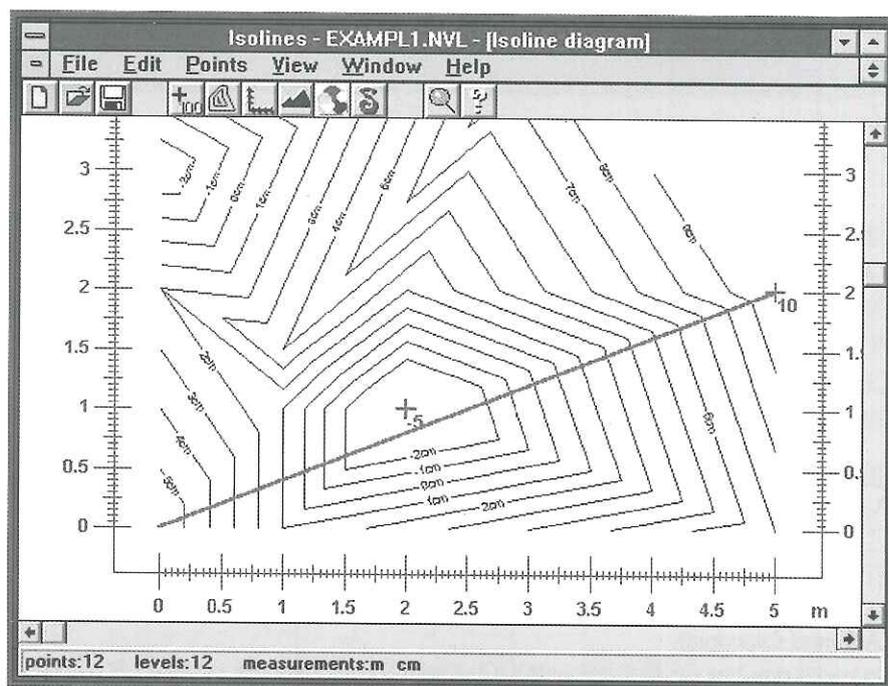


Figura 2. Aspecto que presenta la ventana de ISOLINES V.1.1.

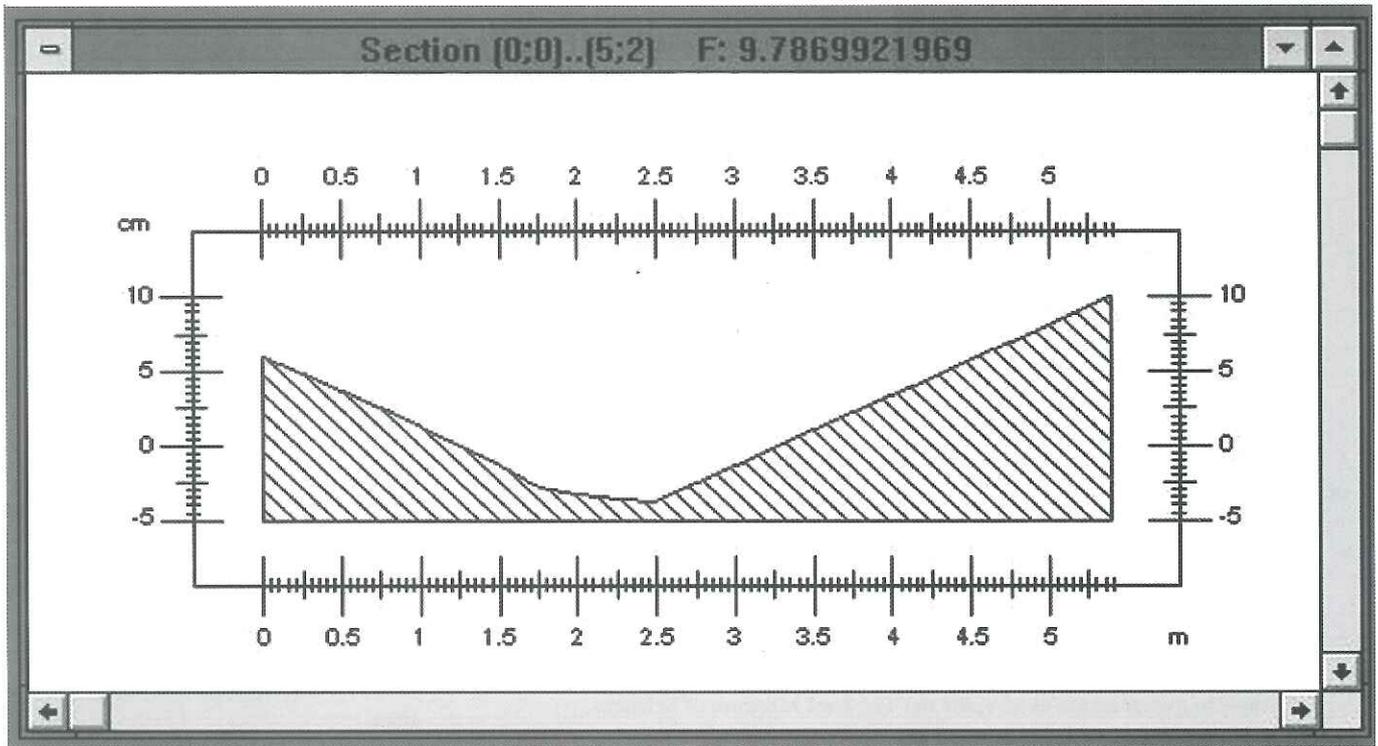


Figura 3. Aspecto que presenta la ventana de ISOLINES V.1.1.

con un ingenioso sistema de compresión y almacenamiento denominado Kodak PhotoCD. Las imágenes almacenadas en el PhotoCD son de un mismo formato KPCD es uno sólo, de una gran flexibilidad, y disponible en distintos tipos de disco compacto. De las muchas recopilaciones fotográficas sobre diversos temas que se ponen a venta en el mercado, suelen suministrarse en este formato y aquellos que hayan podido usarlas habrán apreciado las ventajas de poder cargar el fichero con la resolución que más nos convenga.

Las distintas resoluciones a que podemos abrir un archivo PhotoCD como los mencionados son las siguientes:

- Base/16: 128 x 192
- Base/4: 256 x 384
- Base: 512 x 768
- 4Base: 1.024 x 1.536
- 16Base: 2048 x 3.072
- 64 Base: 4.096 x 6.144

Sin embargo, éste no es el único formato en que podemos encontrar los ficheros en un disco Kodak PhotoCD ya que existen cinco formatos diferentes de discos, según nuestras necesidades cada uno de los cuales almacena imágenes en un tamaño adecuado a otras tantas aplicaciones que Kodak ha segmentado atendiendo a su indiscutible experiencia en el campo de la fotografía.

Los formatos KPCD (Kodak Pho-

toCD) «Master» y «Pro» están pensados para albergar digitalizaciones de originales de 35mm u otros formatos de película fotográfica de medio formato. El KPCD «Portfolio» es muy parecido a un disco CDXA, claramente dirigido a la creación de documentos multimedia. Por último está el KPCD «Print» y «Catalog» que tienen aplicaciones muy concretas como son el

archivo fotográfico de baja resolución y ficheros en cuatricromía para artes gráficas.

SOFTWARE

En este número os daremos información de un programa para Windows, muy práctico a la hora de reali-

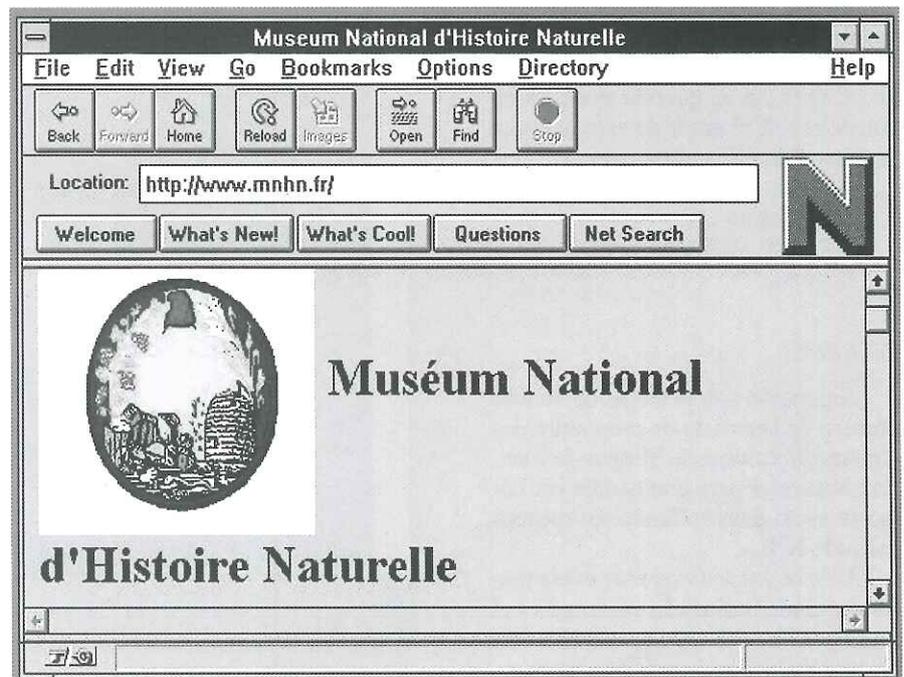


Figura 4. Aspecto que presenta el servidor del Museo de Ciencia Natural de París.

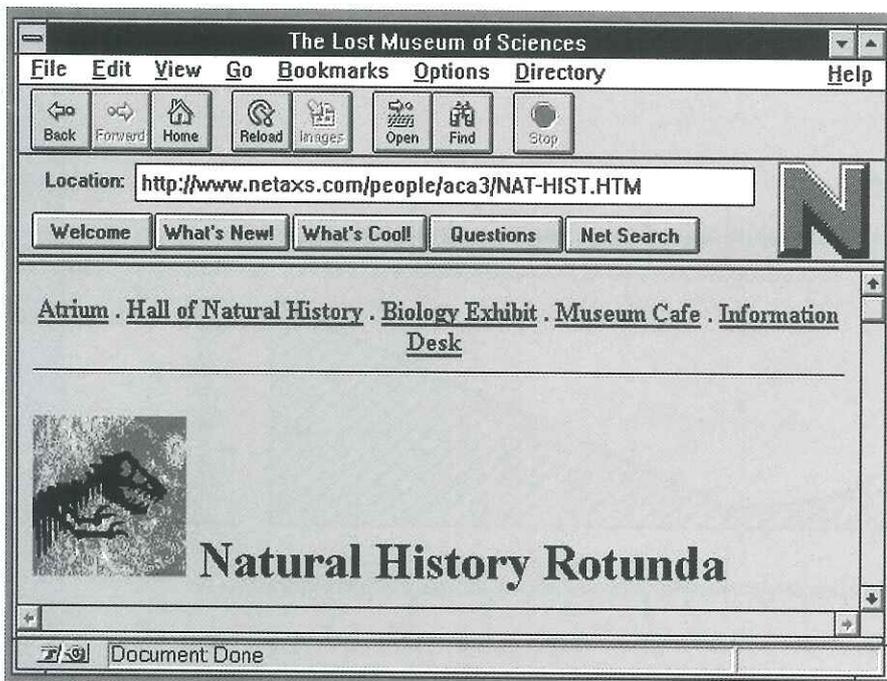


Figura 5. Aspecto que presenta el servidor del The Lost Museum of Sciences.

zar isoclinas el ISOLINES V.1.1, la versión analizada ha sido una versión shareware disponible en el I.C.O.G., (fig. 2 y 3) en donde se han podido probar algunas de sus posibilidades. Es un programa para dibujar isoclinas que permite realizar cortes, añadir y cambiar los puntos, podemos cambiar las escalas horizontales y verticales, etc. Dispone de un completo manual que nos permitirá sacar las mayores posibilidades de este sencillo pero práctico programa. El precio de registro es de 45 Marcos y si es una actualización de versiones anteriores es de 25 Marcos.

Si queréis más información llamar al I.C.O.G., o si queréis poneros en contacto con el autor de este práctico programa tenéis su dirección:

Wolfram Diestel
Schmiedestr. 17
D-04416 Markkleeberg
Germany

INTERNET

Siguiendo con la tradición en este número de la revista os proponemos algunas direcciones de Museos de Ciencias Naturales para que podáis ver cómo se están desarrollando los museos del siglo XXI.

Uno de los museos más interesantes que podemos acudir en la red es el famoso Museo Nacional de Historia Natural de la Smithsonian Institution, que dispone de un base de datos multimedia interactiva a través de la WWW

realmente interesante, en que podemos ver el contenido de sus colecciones u obtener información mas completa a la hora de realizar una investigación su dirección es:

<http://nmnhwww.si.edu/cris/nmnhinfo.html>

También podremos acudir a París (fig. 4) y obtener información del museo de historia natural de nuestros vecinos comunitarios y saber antes de realizar un viaje a la ciudad de la luz lo que podremos ver allí, su dirección es: <http://www.mnhn.fr/>

Otra interesante dirección es el THE CARNEGIE MUSEUM OF NATURAL HISTORY fundado en 1895 en la ciudad de Pittsburgh, EEUU, podemos ver algunos de los fondos de que dispone y explorar la Tierra, la vida y las culturas que componen nuestro mundo natural su dirección es:

<http://www.clpgh.org/CMNH/home.html>

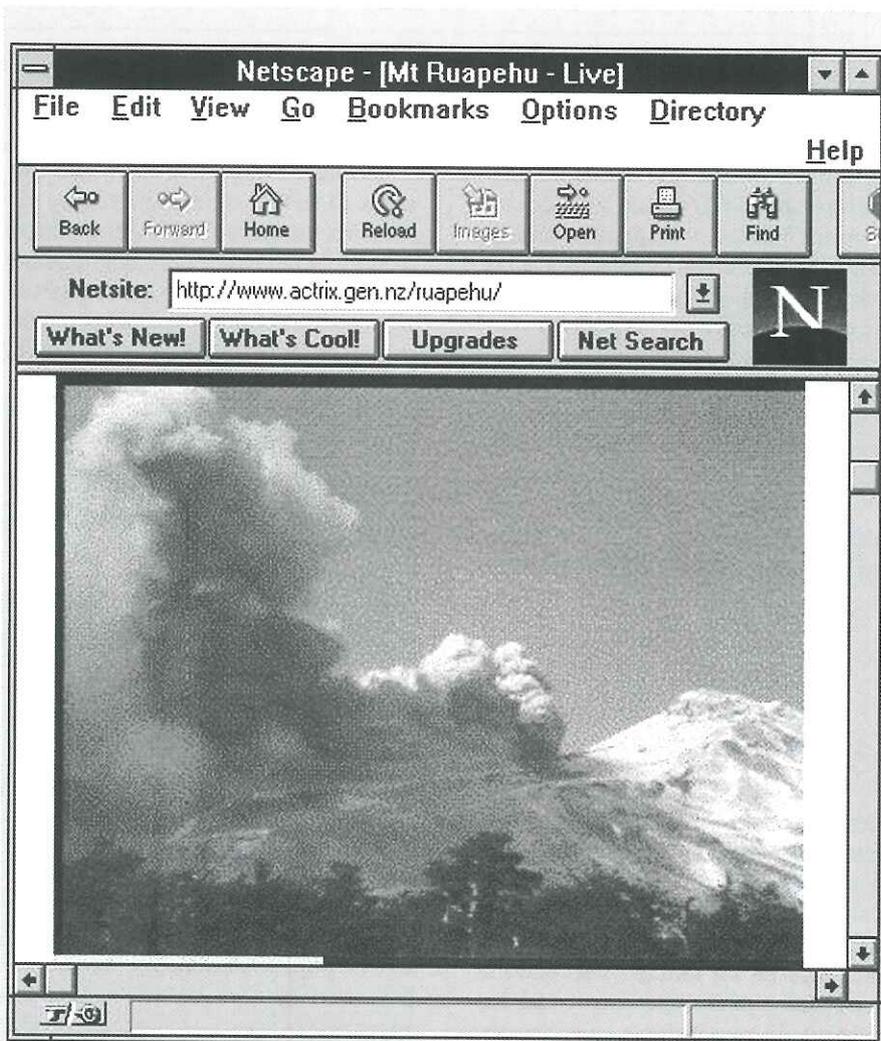


Figura 6. Aspecto que presenta el servidor del Mt. Ruapehu.

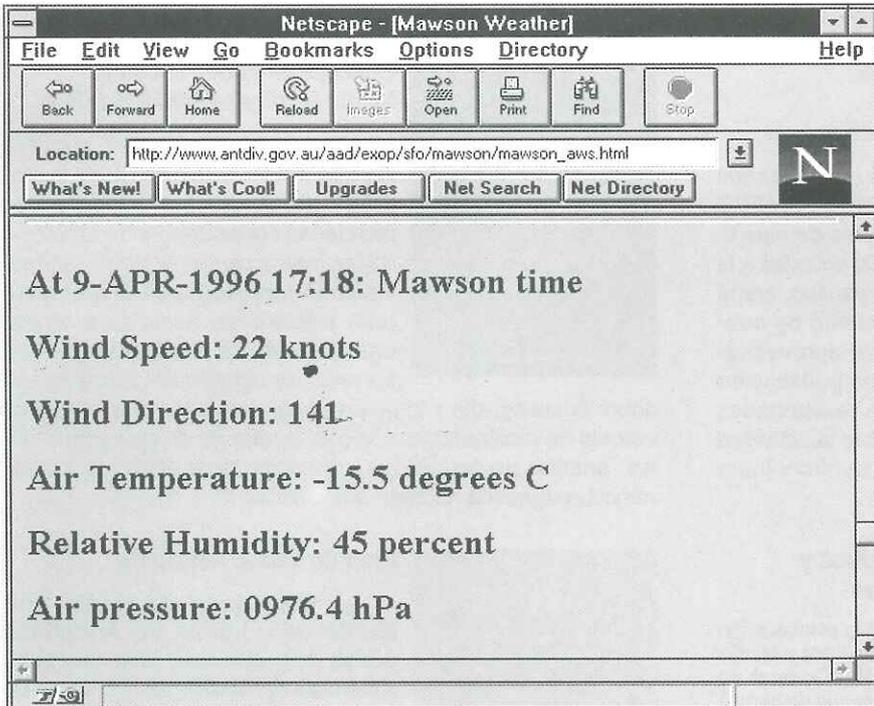


Figura 7. Datos de información meteorológica actualizada cada 10 minutos proporcionados por la estación Mawson

Una dirección que os podrá interesar es el The Lost Museum of Sciences. Podremos ver la sala de Historia Natural así como la exhibición de diversos ejemplares (fig. 5)

<http://www.netaxs.com/people/aca3/NAT-HIST.HTM>

Si algún día vamos a la ciudad de Santa Cruz California podremos acercarnos por su museo de Historia Natural, si queréis saber lo que podréis encontrar allí así como su horario basta con acudir a esta dirección.

<http://www.cruzio.com/arts/scva/nathist.html>

Si nos apasionan los ecosistemas coralinos aquí tenemos una buena dirección para acudir al Underwater Photography, donde podemos ver fotografías de los fotógrafos del Instituto Smithsonian de arrecifes de coral del Caribe su dirección es:

<http://photo2.si.edu/uw.html>

También podemos acudir a la isla de Creta y curiosarse en los fondos de su museo de Historia Natural, que for-

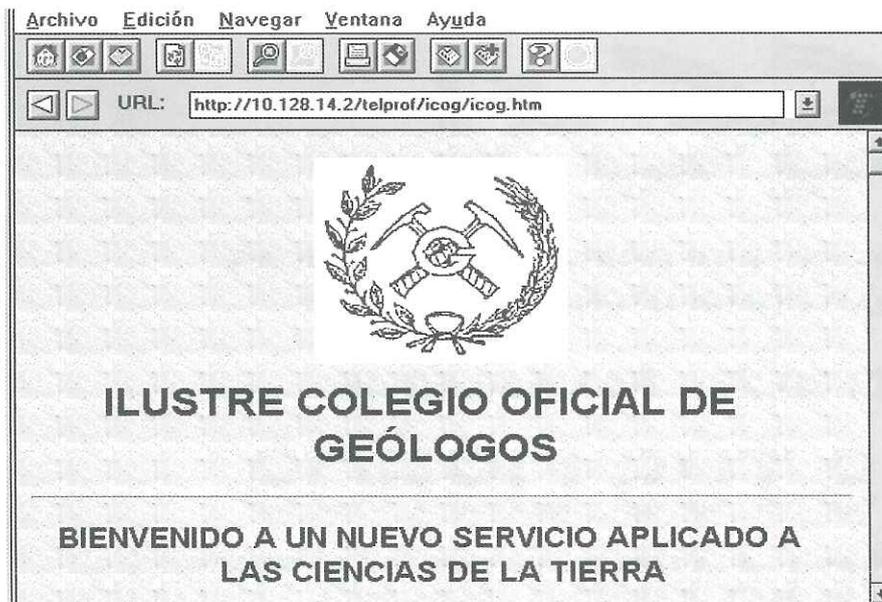


Figura 8. Imagen del Web del I.C.O.G. en Infovia.

ma parte de la facultad de ciencias y contiene cinco departamentos que son Zoología, Botánica, Geología, Paleontología, Mineralogía y Antropología, su dirección es:

<http://www.cc.uch.gr/Tmhmata/MF/BIOGMOUS.html>

Dejando los museos os proponemos algunas direcciones más realmente interesantes. Una de las posibilidades de Internet es que es posible conectar una cámara de vídeo a la red con la que podemos ver lo que está ocurriendo a miles de kilómetros de distancia en directo. Pues bien, si queréis ver una erupción volcánica en directo basta con acudir a Mt. Ruapehu, este servidor situado en Nueva Zelanda nos enseña en qué estado se encuentra el volcán en directo, vale la pena verlo (fig. 6) Su dirección es:

<http://www.actrix.gen.nz/ruapehu/>

También debéis saber que alguna de la información transmitida en la red es vía satélite; pues bien os propongo ir a dar un paseo por la Antártica y visitar la estación australiana Mawson que esta a (67° 36'S, 62° 53'E), operativa desde 1954, el servidor de esta estación pone en la red a disposición de todo el mundo una información meteorológica actualizada cada 10 minutos (fig. 7). Además de poder ver una imagen de vídeo de circuito cerrado del exterior de la estación en el momento actual, asimismo nos puede proporcionar una interesante información de las investigaciones realizadas en esta remota región. Su dirección es:

<http://www.antdiv.gov.au/aad/exop/fo/Mawson/video.html>

Como noticia de última hora os anunciamos que el I.C.O.G ya dispone de una página Web tanto en Infovia (fig. 8) a través del 055, como en Internet. Las direcciones son las siguientes:

Infovia:

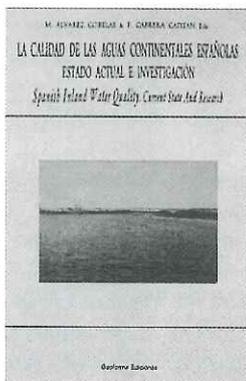
<http://10.128.14.2/telprof/icog/icog.htm>

Internet:

<http://www.telprof.es/icog/>

También disponemos del E mail correspondiente por si quereis comunicarnos con nosotros y enviarnos los artículos o programas que desarrolleis, para la revista TIERRA Y TECNOLOGIA y el Proyecto GEA CD. Intentaremos mejorar día a día y daros un mayor servicio para introducirnos en este interesante mundo de la telemática. ■

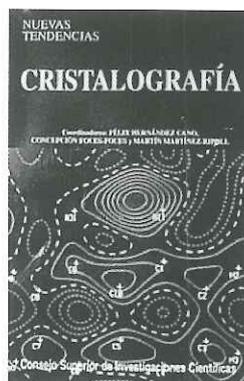
Carlos Busón Buesa



La calidad de las aguas continentales españolas. Estado actual e investigación
M. Alvarez Cobelas y F. Cabrera Capitán (Eds.)

Más de 30 autores, coordinados por los dos investigadores del CSIC que figuran como editores de este libro, contribuyen con sus artículos a la valoración de un bien escaso, como el agua, y al planteamiento de nuevas estrategias para su aprovechamiento. Se trata de una publicación

valiosa para el desarrollo de distintos sectores relacionados con la calidad del agua, además de informar sobre la actividad de los grupos que trabajan en estos aspectos dentro y fuera del CSIC.



Cristalografía
Félix Hernández Cano, Concepción Foces-Foces y Martín Martínez-Ripoll (Coords.)

La cristalografía trata de describir la estructura y propiedades de la materia condensada en función de las relaciones espaciales entre átomos y de las interacciones entre ellos. Este volumen representa un primer paso para posteriores estudios y ofrece una panorámica de los trabajos que se realizan actualmente en España

sobre cristalografía y los nuevos campos a los que se aplica: estudio de moléculas biológicas, diseño de drogas y materiales, análisis de superficies, difracción de electrones y resonancia magnética nuclear, entre otros.



Minimización de residuos y emisiones industriales

Cepyme /Aragón con la colaboración de la **Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Diputación General de Aragón**, ha publicado el *Manual de Minimización de Residuos y Emisiones Industriales para las Industrias Transformadoras de los Metales del Sector Metal*, muy útil para las empresas que deseen no sólo controlar por ellas mismas estos elementos, sino también aplicar técnicas de minimización que permitan reducir los componentes clasificados como contaminantes.

La publicación incluye los siguientes capítulos:

- * metodología,
- * planificación y organización,
- * análisis de la situación actual,
- * plan de minimización, y
- * legislación y ejemplo práctico.



Plan de Medio Ambiente

La **Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía** acaba de publicar el *Plan de Medio Ambiente de Andalucía (1995-2000)*. Esta publicación, magníficamente ilustrada, de 240 páginas, aborda:

- * análisis de la situación ambiental de Andalucía,
- * incidencia del aparato productivo andaluz en el medio ambiente,
- * metas, estrategia y objetivos generales,
- * planes y programas sectoriales,

- * programas horizontales,
- * relación del PMA con los diferentes agentes,
- * previsión financiera, y
- * evaluación y seguimiento.



LIBRERÍA
GEA



FACULTADES DE CC. BIOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

TEL. 543.30.27 FAX 544.60.46

TODOS TUS LIBROS
DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA TIERRA

Organizado por el **Colegio Oficial de Físicos, Unión Profesional y Aproma**
Madrid, del 25 al 29 de noviembre de 1996
Palacio de Congresos y Exposiciones. Paseo de la Castellana



Bajo la presidencia de honor de SS MM Los Reyes de España



III CONGRESO
NACIONAL
DEL **MEDIO**
AMBIENTE

Con la celebración
paralela del Encuentro
Iberoamericano
de Profesionales
del Medio Ambiente

Secretaría técnica TILESAs
Londres 17. E 28028 Madrid
Tel. 91.361 26 00 Fax 91.355 92 08
E.mail tilesa@wpa.es



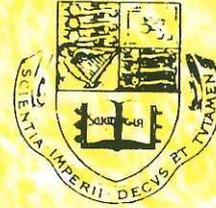
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
DE MADRID



Ministerio de Obras Públicas, Transportes
y Medio Ambiente

CEDEX

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
ESPAÑA



Imperial College
of Science and Technology
LONDON

IV MASTER DE INGENIERIA GEOLOGICA

SOLICITUDES A LA SECRETARÍA DEL MASTER

TEL.: 91 - 394 48 25

DE 16,30 A 18,00 HORAS

Preinscripciones: Antes del 15 de Junio de 1996