Tierra y Tecnología

REVISTA DE ACTUALIDAD E INFORMACION GEOLOGICA

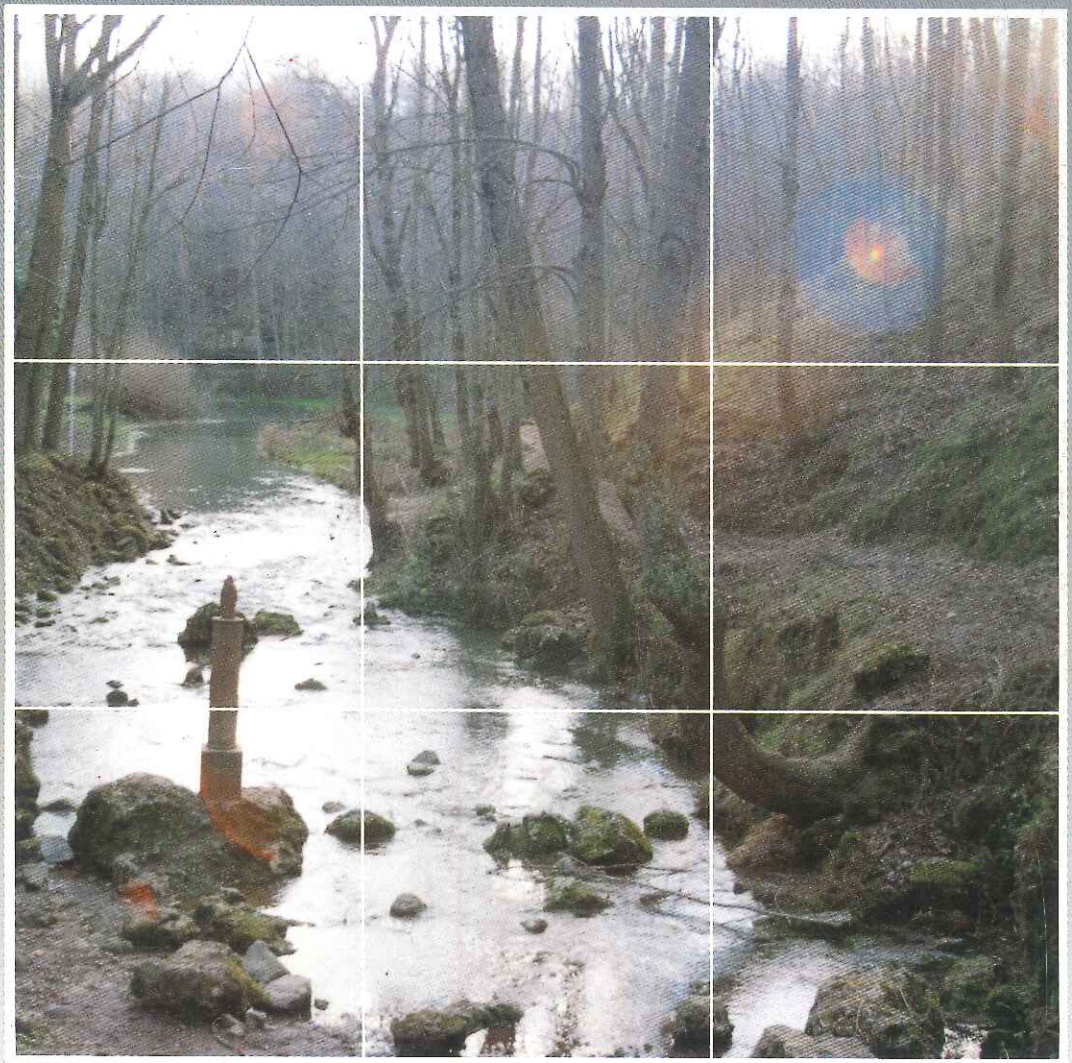
NUMERO 2. MARZO 1992. 500 PTAS.

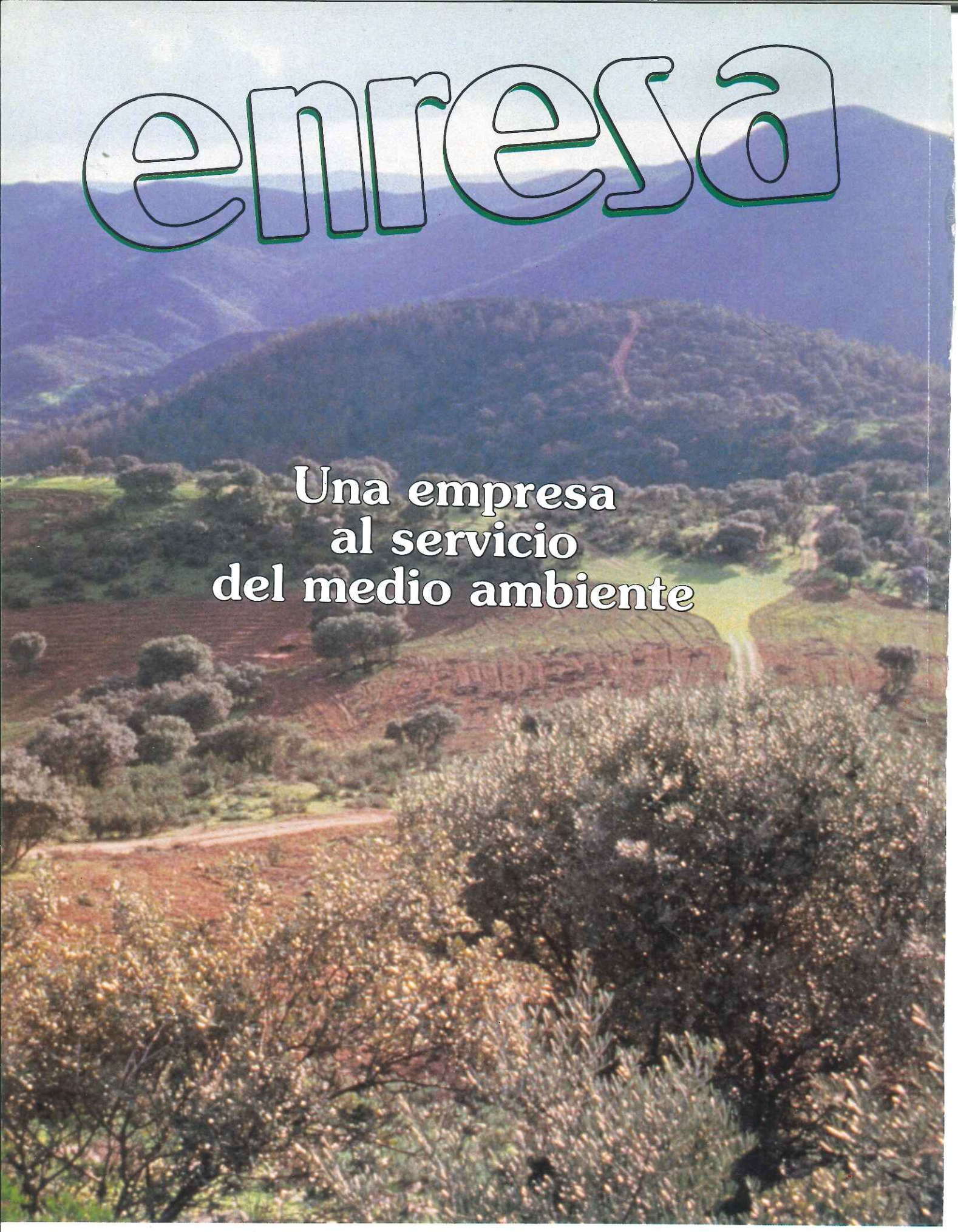
Las Aguas Subterráneas en la Cuenca del Ebro.

Actuaciones Hidrogeológicas.

La Evolución del Impacto Ambiental.

Una Visita a la Cueva del Reguerillo.





Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. EMILIO VARGAS, 7 • Tels. 519 52 55 - 519 52 63 • 28043 MADRID

• Sumario

	Páginas
Editorial	5
Presentación de la revista	6
Las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro	8
Una reflexión sobre el momento actual de la hidrogeología en la cuenca del Ebro	12
Sobre el nacimiento del Ebro	18
Sinopsis de la investigación en Aragón	26
Area Ibérica. Soluciones complementarias	32
Las unidades hidrogeológicas en la cuenca del Ebro	36
Actuaciones hidrogeológicas del Servicio Geológico en la cuenca del Ebro	42
CGS en la investigación de las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro	48
La evaluación de impacto ambiental, una perspectiva desde la administración del Estado	52
Una visita a la cueva del Reguerillo	54
La Geología y la Mitología: El Medio Natural y el lugar sagrado	56
Libros de interés	62
Cursos	64
Seminarios	65
Notas del Comité de Redacción	66

EDITA: Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. **ADMINISTRACION Y REDACCION:** Santa Feliciana, 14.1ºC, 28010 MADRID. Tel.: (91) 445 02 39. Fax: (91) 446 34 16. **DIRECTOR:** Manuel Rolandí Sánchez-Solís. **SUBDIRECTOR:** Margarita Pastor Palomeque. **RELACIONES PUBLICAS:** Enrique Pampliega Higueras. **MARKETING Y PUBLICIDAD:** Editorial Balance, S. A. Javier Ferrero, 18. 28002 MADRID. Tel.: 413 49 14/44/48. **COORDINACION DE EDICION:** Manuel Rolandí Sánchez-Solís. **COMITE EDITORIAL:** José Casas Ruiz, Miguel Angel de la Calle Agudo, Custodio Estévez González, Antonio Martín Gómez, Salvador Mirete Mayo, Antonio Sarasa Brosed, Luis Suárez Ordóñez, Peter F. Wouters. **COLABORADORES:** Victor M. Arqued Esquia, Antonio Azcón González de Aguilar, Oscar Blasco Herguedas, Sebastián Delgado Moya, Ignacio Gamarra Rocandio, Segismundo Niñerola Plá, Fernando Octavio de Toledo y Ubieto, Enrique Pampliega, G. y A. Parro, Antonio Sarasa Brosed. **DISEÑO GRAFICO DE PORTADA:** Equipo Franja diseño. **FOTOCOMPOSICION E IMPRESION:** Editorial Balance, S. A. **FOTO PORTADA:** Manantial del Ebro en Fontibre (Cantabria). Autor: Manuel Rolandí Sánchez-Solís. **Depósito Legal: M-10137 - 1992**

En medio ambiente, sólo la más avanzada tecnología llega hasta el fondo.

Aunque nosotros, por filosofía de trabajo, siempre llegamos al fondo, en este caso con mayor motivo.

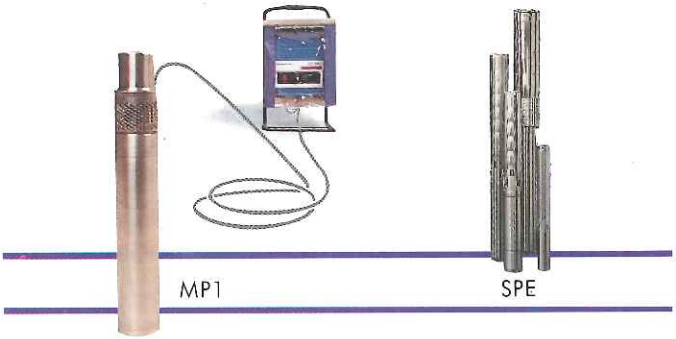
Porque cuando se necesita el máximo de precisión para poder controlar el grado de contaminación del agua, la solución tiene un nombre. **GRUNDFOS.**

Bombas MP1, para instalar en las zonas limítrofes a posibles fuentes de contaminación que permiten el control y análisis periódicos con la tecnología más avanzada.

Para que, a partir de ahora y pensando en el mañana, pongamos todos los medios necesarios.

Para conservar y preservar nuestro entorno con las máximas garantías.

CyG Asociados



Un gran nombre para ayudarle a salir a flote.

GRUNDFOS
... la bomba.

Francisco Gervás, 2. (Pol. Ind. Alcobendas) - Tel.: 661 21 12 - Fax: 661 23 63 - Apartado 222 - 28100 Alcobendas (Madrid)

• Editorial

Las aguas y su medio natural han constituido, desde antiguo, un elemento esencial en el desarrollo de todos los pueblos y culturas.

En la antigüedad, los ríos y manantiales representaban para las primitivas civilizaciones lugares y entornos sagrados y mágicos, al suponer a sus aguas portadoras de la esencia de las entrañas de la tierra, las cuales proporcionaban a los humanos el sentido y las señales de trascendencia tan buscadas en todas las etapas de la historia.

Hoy día, el sentido trascendental de las aguas no ha variado sustancialmente con respecto al mundo antiguo, al seguir considerándose a los manatiales y ríos como fuentes de riqueza y civilización, junto a los que se han desarrollado las mayores concentraciones de poblaciones urbanas, industrias, agricultura y, en definitiva, el motor de la vida actual.

En nuestro país, la importancia de las aguas adquiere también un papel fundamental en el desarrollo de su vida cotidiana, y es por ello por lo que nuestra revista TIERRA Y TECNOLOGIA acomete el ambicioso proyecto de presentar una serie de números monográficos dedicados a conocer los aspectos más destacables de la HIDROGEOLOGIA de sus principales cuencas hidrográficas.

Este segundo número de la revista y primero de los dedicados a la HIDROGEOLOGIA de nuestro país, no podía por menos que dedicarse a la cuenca hidrogáfica del río Ebro, el «Iberus» o «Iberos» con que los navegantes griegos denominaron el río más caudaloso de la península ibérica y del que, por extensión, heredó su nombre toda la península y sus habitantes.

Desde su nacimiento en las laderas de Peña Labra (Cantabria) hasta su desembocadura mediterránea, en la isla de Buda por la Boca del Norte y la Gola Mitjorn (Tarragona), el río Ebro discurre por 910 Kms, que atraviesan una gran diversidad de paisajes y espacios naturales, que varían desde las altas montañas y los amplios páramos carbonatados a las extensas llanuras en las que se desarrollan las más fértiles y ricas huertas de la península o los más yermos e inhóspitos desiertos.

Su amplia cuenca abarca una superficie de 85.000 Km^2 —la más extensa de España— que se extiende por seis Comunidades Autónomas: Cantabria, Castilla y León, La Rioja, Navarra, Aragón y Cataluña, y en ella se genera una amplia variedad de riquezas naturales, poblaciones y recursos.

Esta vasta cuenca, ha sido dividida por los expertos en cinco grandes unidades, de acuerdo con una serie de criterios referentes a sus características físicas.

La primera vendría definida por el «alto Ebro» o ámbito cantábrico de la cuenca, desde su cabecera al pie del pico Tres Mares de la Sierra de Peña Labra, hasta su confluencia con su tributario Tirón.

La segunda unidad, denominada «Pirineo», abarcaría todo el ámbito de esta amplia cadena montañosa, incluyendo desde las sierras prepirenaicas hasta la propia cadena axial, pasando por las depresiones intramontañosas.

La tercera unidad comprendería la «cordillera costera catalana», incluyendo las depresiones de Mora y el bajo Ebro, y la cuarta vendría definida por todo el «borde meridional de la cuenca», conformado por el flanco septentrional de la cordillera Ibérica, en la que habría que ditinguir los amplio núcleos montañosos de las sierras de la Demanda y Cameros, las ramas aragonesas y castellana de la Ibérica, la depresión de Calatayud y la zona capturada al Duero por el alto Jalón.

Por último, la quinta unidad la compondría la ámplia llanura central en la que se encaja el recolector natural de toda la cuenca, el río Ebro, donde desarrolla hasta once niveles de terrazas fluviales y amplias llanuras de inundación.

En resumen, y debido a su gran variedad de caracteres físicos, la cuenca del río Ebro se presenta como síntesis representativa de las principales características hidrogeológicas y de las problemáticas existentes en el resto de las cuencas hidrográficas españolas.

Sus datos básicos y más significativos aportan por sí solos una clara idea de la importancia de esta cuenca. Sus aportaciones medias anuales —las máximas de todo el territorio peninsular— alcanzan los 20.000 hm^3, lo cual constituye el 19 por 100 del total de los ríos peninsulares. Sus superficies permeables son del orden de los 16.800 hm^2 (aproximadamente el 10 por 100 de las del país), que se reparten por 51 Unidades Hidrogeológicas. La infiltración registrada en las mencionadas superficies permeables suponen más de 2.900 hm^3/año (el 15 por 100 de la infiltración total nacional), registrándose unas extraciones por bombeos del orden de los 210 hm^3/año.

Todo ello, unido a su caudal absoluto, próximo a los 630 m^3/seg en Tortosa, que constituye la máxima aportación fluvial de todo el territorio peninsular, confiere al Ebro la categoría de hermano mayor de todos los ríos de la península.

Presentación de Tierra y Tecnología

El pasado 24 de octubre de 1991, tuvo lugar la presentación del primer número de nuestra revista.

El acto se celebró en Madrid, en el Salón de conferencias del Edificio Beatriz (C/. José Ortega y Gasset, 29), y al mismo asistieron numerosos compañeros y amigos, entre los que cabría destacar diversas personalidades del campo de la Geología, tanto de Organismos Públicos como del sector empresarial.

El calor de un amigo

Calderas murales a gas Junkers

Tener un clima más familiar y humano junto a unas condiciones de vida cómodas y confortables, son necesidades vitales que desea cualquier persona.

Por ello, Junkers le ofrece un amplio programa de calderas murales a gas de diferentes prestaciones y potencias que, adaptadas a las exigencias y características de cada vivienda, proporcionan un sistema integral de calefacción y agua caliente. En definitiva, un sistema independiente de calefacción.

TECNOLOGIA ALEMANA

Las calderas murales a gas Junkers, están equipadas con las últimas innovaciones tecnológicas: **modulantes, compatibles con todos los sistemas de**

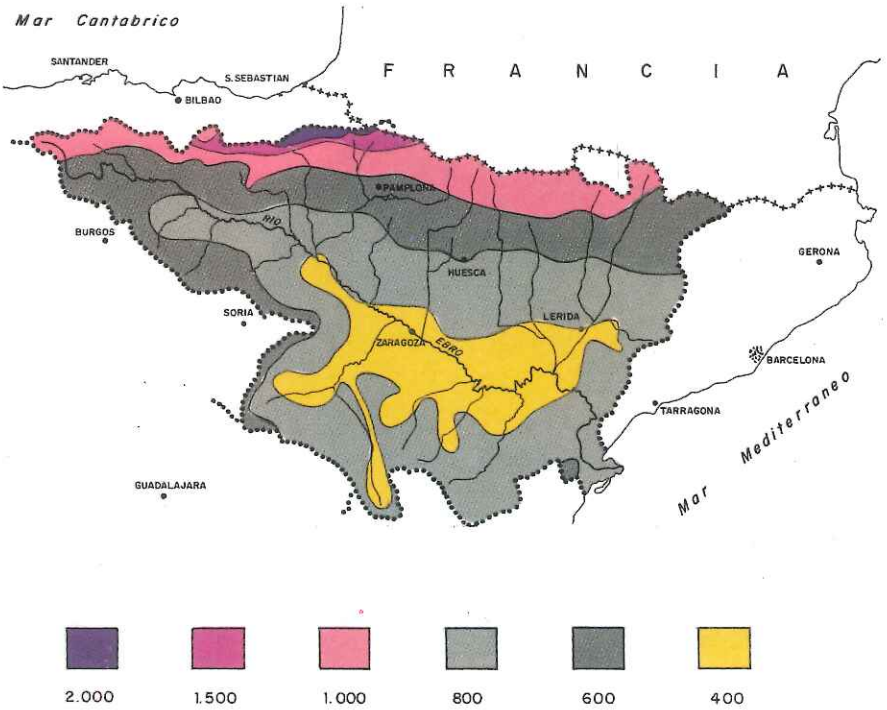
SOLO CALEFACCION				MIXTAS		
Mini 8 de 3.250 a 6.500 Kcal/h (8 Kw)	Mini 11 de 4.900 a 9.800 Kcal/h (11 Kw)	ZR 18 de 6.500 a 15.000 Kcal/h (18 Kw)	ZR 24 de 8.000 a 20.000 Kcal/h (24 Kw)	ZWR 18 de 8.500 a 15.000 Kcal/h (18 Kw)	ZWR 24 de 8.000 a 20.000 Kcal/h (24 Kw)	EUROTHERM ZWE 24 de 10.000 a 20.000 Kcal/h (24 Kw)

gas, encendido con o sin piloto. Resultado de una larga investigación encaminada a cubrir las mayores exigencias en cuanto a ahorro, seguridad y fiabilidad de sus clientes.

Si desea mayor información diríjase a cualquiera de los puntos de nuestra amplia Red de Distribuidores Bosch y Junkers. Queremos estar en el hogar con el calor de un amigo.

JUNKERS
Grupo **BOSCH**

Junkers. El calor amigo



(1) *C.H. Ebro, 1989. «Plan Hidrológico.» Documentación Básica.*

1. RECURSOS HIDRAULICOS TOTALES

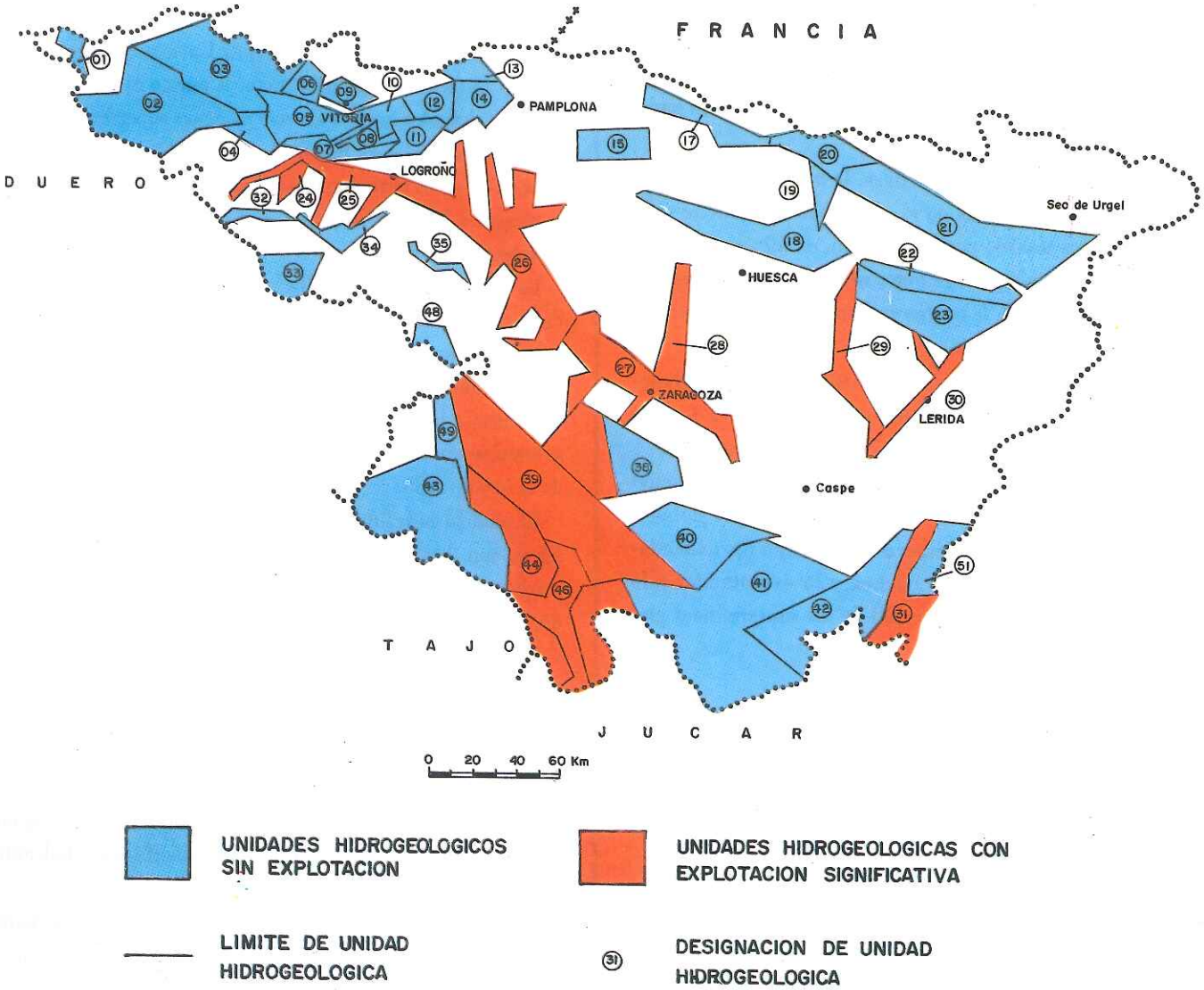
El desigual reparto de los recursos hídricos en España tiene un claro reflejo en la cuenca del Ebro, donde coexisten zonas de elevada precipitación y muy poca demanda (Pirineos y Cordillera Cantábrica) con otras donde se dan mínimos pluviométricos y se concentra la demanda (valle medio del Ebro). La precipitación anual media en la cuenca es de 51.496 hm³/a que corresponde a una lámina de agua de unos 600 mm. Los valores extremos de la serie (1940-1985) son 400 y 1.900 mm., es decir con un índice de irregularidad de 4,75. (1).

Esta disposición de la pluviometría se refleja en las aportaciones de los ríos y, lógicamente, en su componente subterránea.

La aportación total es de 19.961 hm³/año (1), es decir, algo menos del 39 por 100 de las precipitaciones. En la actualidad existen 173 presas con un volumen de embalse de

Las Aguas Subterráneas en la cuenca del Ebro

● ALBERTO BATLLE GARGALLO ●
Hidrogeólogo



(2) Servicio Geológico de O.P. 1988. Delimitación de Unidades Hidrogeológicas del territorio peninsular y síntesis de sus características.

6.600 hm³ que permiten unos recursos garantizados de 9.300 hm³/año (1) lo que representa algo menos del 50 por 100 de la aportación total.

El rendimiento de los embalses es bueno, 1 hm³ de capacidad regula 1,5 hm³/año con el valor añadido de 3,6 millones de kw de potencia instalada.

2. IRREGULAR DISTRIBUCION ESPACIAL

La regulación, sin embrago, como la precipitación y los recursos, está irregularmente repartida. El mayor índice corresponde a los afluentes pirenaicos y su destino es hidroeléctrico. Así, el Gállego está regulado en un 70 por 100, el Noguera-Ribagorzana en un 80 por 100 y el Noguera-Pallaresa en un 70 por 100; mientras otros ríos no están regulados en absoluto o lo están mínimamente en cabecera. Alcanadre, Arba, Ega, Leza, Cidacos, Alhama, Queiles, Huecha, etc.

Pese a ello, la demanda total satisfecha es de 7.550 hm³/año que se distribuyen aproximadamente en un 87 por 100 para riego, un 7 por 100 para abastecimiento, un 2 por 100 para industria (uso consuntivo) e incluye el trasvase de 270 hm³/año para algunos abastecimientos de la cuenca norte.

3. RECURSOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

La mayoría de las estimaciones cifran la explotación de agua subterránea en la cuenca del Ebro en unos 210 hm³/a, es decir, tan sólo el 3 por 100 de la demanda total o el 1 por 100 de las aportaciones.

Sin embargo, «los recursos» de agua subterránea, entendidos como la infiltración en los acuíferos a partir de la lluvia, cauces, retorno de regadíos o transferencia subterránea desde otros acuíferos, se cifran en un mínimo de 2.900 hm³/a (14,5 por 100 de la aportación total).

Sin duda, a partir de estas cifras, la importancia relativa de las aguas subterráneas no es alta desde el punto de vista de los recursos totales, pero en cambio, *en números absolutos no es desdeñable y, sobre todo, su distribución espacial y sus grandes reservas, le confieren una importancia estratégica que conviene resaltar.*

En la cuenca del Ebro se han distinguido 48 Unidades Hidrogeológicas (2), que, como se definen en la Ley de Aguas corresponden a «uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua». En la tabla núm. 1 se resumen los datos globales de la Cuenca: la superficie permeable ocupa aproximadamente un 20 por 100 de la cuenca y la explotación sólo alcanza algo más de un 7 por 100 de los subterráneos globales.

TABLA 1. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS DE LA CUENCA DEL EBRO

Número de unidades	Superficie permeable km²	Recarga hm³/a	Bombeo hm³/a	Bombeos/Recarga %
48	16.770	2.923	209	7,1

Mayor interés tiene la tabla núm. 2 en que se recogen los datos de las 13 unidades en las que se da una explotación significativa. Su superficie y sus recursos son aproximadamente un tercio de los globales de la cuenca y en cambio soportan el 95 por 100 de la explotación.

TABLA 2. UNIDADES CON EXPLOTACION SIGNIFICATIVA. CUENCA DEL EBRO

Nº de unidades		Sup. permeable		Infiltración (LL + C = R)		Explotación		Explotación posible
Nº	%	km²	%	hm³/a	%	hm³/a	%	hm³/a
13	27	5.515	33	948	33	198	95	750

Dejando a un lado las unidades de cabecera y otras sin duda susceptibles de ser explotadas, sobre estas mismas unidades existen unos recursos disponibles de por lo menos 750 hm³/año, equivalentes, por ejemplo, al riego de cerca de 100.000 ha.

4. EL ESPACIO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

La planificación hidráulica en la Cuenca del Ebro se ha basado históricamente en la sucesiva puesta al día de planes antiguos, basados exclusivamente en aguas superficiales y concebidos en la primera mitad de siglo (1902, 1926, 1932) con base en las ideas cuyo máximo exponente fue el regeneracionista aragonés Joaquín Costa, a partir de su frase más conocida: «escuela y despensa» como solución a los «males de la Patria».

La Cuenca del Ebro que fue también pionera en la creación de la primera Confederación Hidrográfica, foro ideal para la necesaria cooperación entre técnicos y usuarios, debe también ser ahora pionera en la incorporación de las aguas subterráneas a la nueva política hidráulica que se abre con la promulgación del carácter público de todas las aguas a partir de la Ley de 1985.

El modelo hidráulico basado en un eje fértil, el Valle del Ebro, con demasiadas zonas deprimidas alrededor debe ser progresivamente ampliado con un desarrollo regional integrado.

La exportación de aguas subterráneas, si bien ya hemos dicho que no está muy extendida, ha permitido ya el abastecimiento de innumerables pueblos, de importantes zonas agrícolas (Alfamén, Valle del Jiloca, Valle del R. Glera) y de muchas industrias del entorno de Zaragoza.

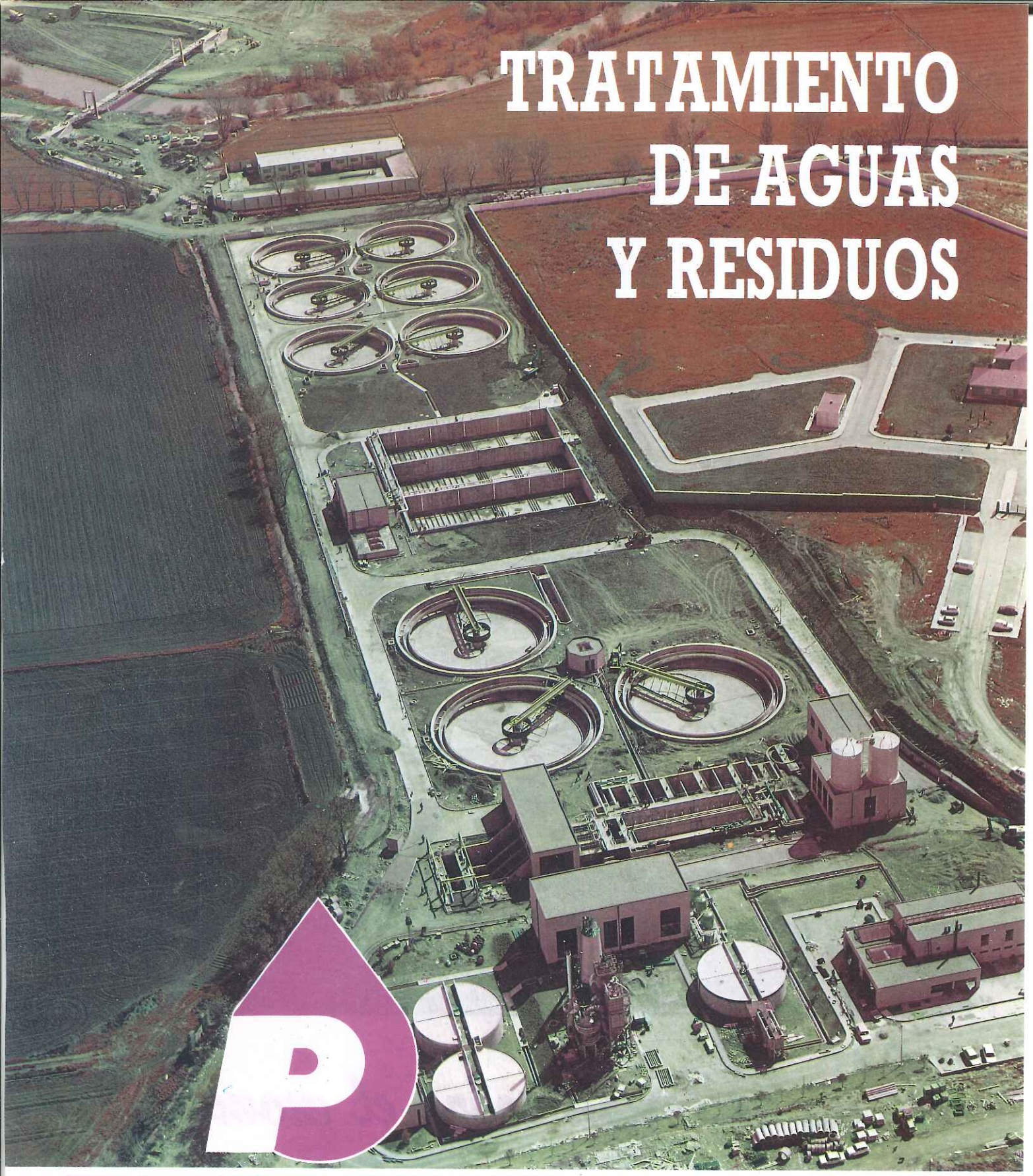
En los escenarios que técnicamente se definan las aguas subterráneas deben incorporarse a la planificación hidráulica con las posibilidades siguientes:

— Suministrar con total garantía, con la calidad adecuada y a cualquier plazo los abastecimientos de núcleos urbanos de pequeño tamaño.
— Completar la garantía de abastecimiento a núcleos medianos e incluso grandes con soluciones de emergencia ante ciclos secos.
— Complementar las dotaciones y las garantías en regadíos deficitarios aprovechando los recursos propios de los acuíferos y los retornos de riego.
— Proseguir con la política de extensión de regadíos a pequeña escala en zonas no dominadas por las grandes zonas regables.

Para acometer los grandes planes de riego que la opinión pública demanda, serían necesarias grandes obras de regulación cuya rentabilidad debe ser muy relativa en el marco agrario limitado por nuestra integración en la CEE.

Seguramente, la utilización de los recursos subterráneos, incrementando la superficie de riego en realizacines sucesivas de rendimiento a corto plazo, es la forma más viable para la ampliación y modernización de regadíos en muchas zonas de la Cuenca del Ebro.

TRATAMIENTO DE AGUAS Y RESIDUOS



PRIDESA

DOMICILIO SOCIAL:
José Luis Goyoaga, 36, 3ª y 4ª planta
Tel.: (94) 467 60 14
Fax: (94) 467 64 06
48950 - ERANDIO - Vizcaya

DELEGACIONES

MADRID
Plaza de España, 10
Tels.: (91) 636 08 75 - 636 14 87
Fax: (91) 636 03 44
LAS ROZAS (Madrid)

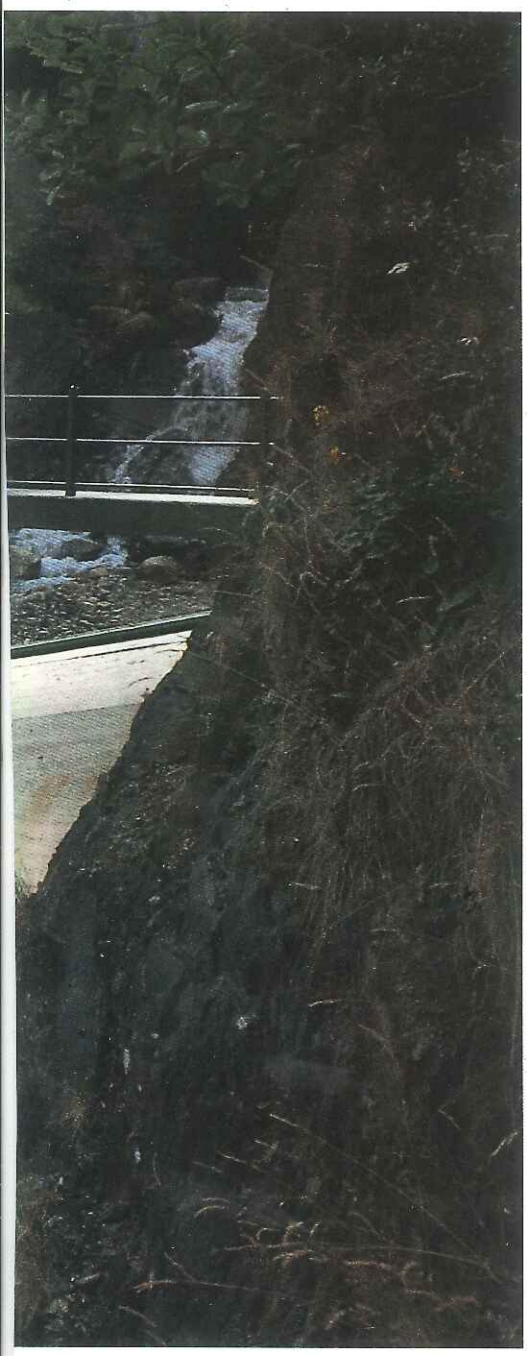
BARCELONA
Miguel Romeu, 56
Tel.: (93) 337 09 08
Fax: (93) 338 85 77
08907 HOSPITALET DE LLOBREGAT (Barcelona)

CANARIAS
León y Castillo, 371, 2º B
Tels.: (928) 24 76 29 - 24 69 74
Fax: (928) 24 69 74
Apartado de correos 1193. 35080 LAS PALMAS

CANARIAS
PLANTA POTABILIZADORA
Las Palmas, III-IV
Tels.: (928) 31 56 72 - 32 05 78 - 31 56 01
Fax: (928) 31 56 01

Una reflexión sobre el momento actual de la hidrogeología en la cuenca del Ebro

A. SARASA BROSED
ESHYG (Estudios hidrogeológicos y geotécnicos)



1. Estación de aforos realizada por ENMER en la desembocadura del barranco de Rigueño, en el Embalse de Baserca sobre el Noguera-Ribagorzana, al norte de Aneto (Huesca). Foto: 27-7-1985.

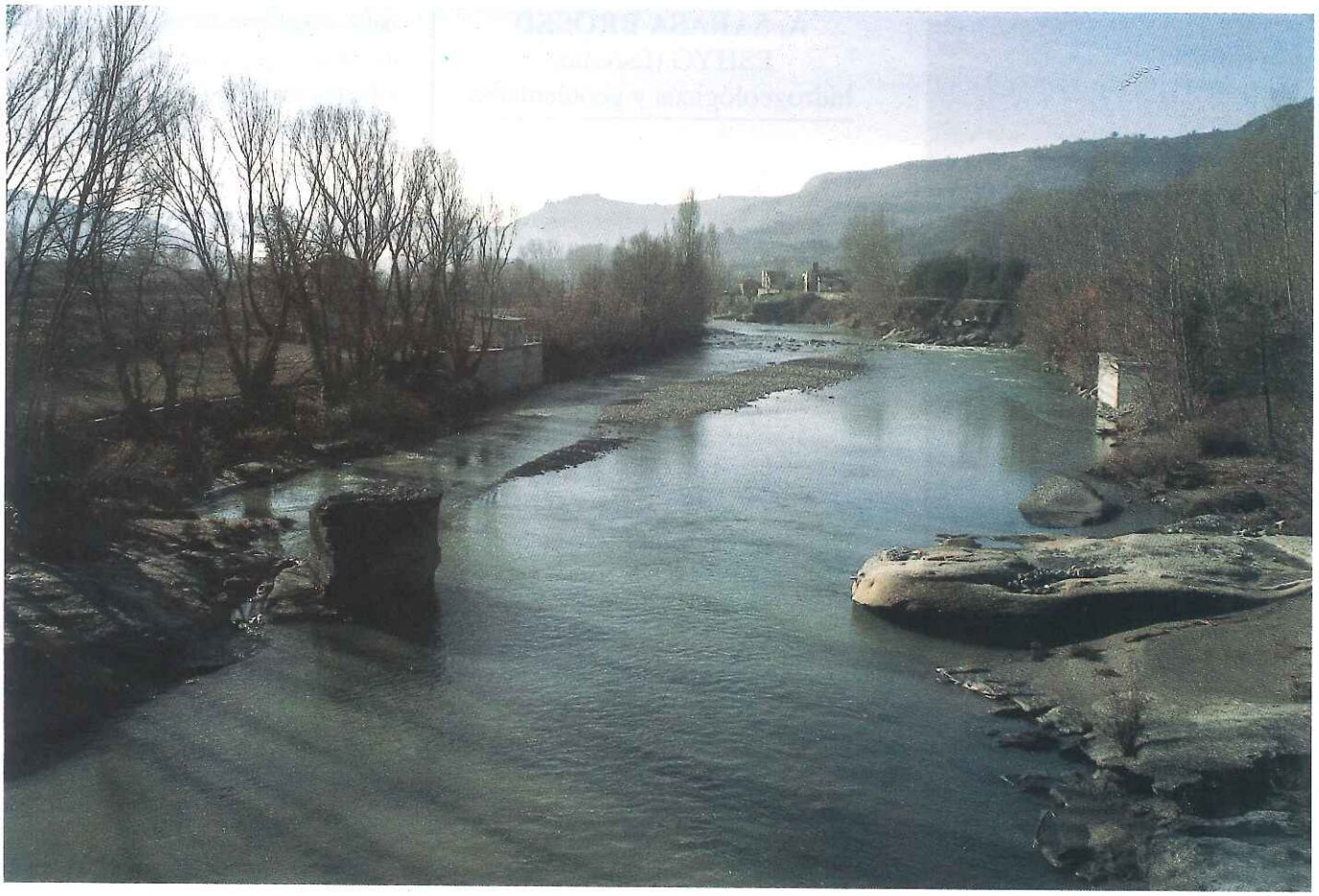
Hace años, cuando empezaba a trabajar el mundo de la Hidrogeología en la Cuenca del Ebro, entablé contacto con una de las personas responsables de la explotación hidroeléctrica de un conjunto de embalses situados en varios de los grandes afluentes pirenaicos del Ebro, con el objetivo de conseguir datos sobre la relación río-acuífero existente en una de las cuencas.

Esta persona me comentaba el esfuerzo realizado en el control hidrométrico de la cuenca, y más concretamente foronómico, de los ríos. Para ello, llegó a proyectar y ejecutar estaciones de aforo con un diseño muy específico en función del régimen de caudales, con unos resultados magníficos en cuanto a calidad de obra y precisión (foto 1). Este esfuerzo trataba de evitar las dudas que pudieran surgir respecto al balance hídrico de uno de sus nuevos embalses, ya que en otro en explotación, no podía establecer el balance que correspondía a algunos períodos de tiempo, por creer que la estación de aforos con mayores aportaciones no aportaba datos de suficiente calidad.

Así, aún magnificando el error de los parámetros de la ecuación del balance hídrico, se podía dar la paradoja de que sin turbinar agua y llegando por la cola del embalse un caudal significativo para su volumen, aún teniendo en cuenta otros factores, el nivel de agua no ascendía de la forma prevista, a veces se mantenía estable y en otros momentos «parecía» que descendía.

A la vuelta de mi viaje, pensando sobre el tema, y tras haber reconocido la estructura y los materiales donde estaba apoyado el vaso del embalse, llegué a pensar que el balance no consideraba ningún parámetro relativo a las aguas subterráneas, que en este caso eran fundamentales.

La explicación de este fenómeno podía residir (a falta de una confirmación con estudios hidrogeológicos detallados) en que el vaso del embalse se localizaba en unos materiales que constituían un acuífero. Además, el área de recarga sobrepasaba los límites de la divisoria de aguas superficiales de la cuenca hidrográfica del embalse, lo que podía explicar otra de las paradojas expuestas consistente en la elevación del nivel de agua en el embalse (sin variación de los demás parámetros de la ecuación) cuando se registraban precipitaciones en las cuencas adyacentes y no en la del embalse.



2. Estación de aforos nº 13 de la C.H.E. en el río Esera en Graus (Huesca). Altura del agua en la escala 1,07 m. Obsérvese la barra central divagante en la sección de medida. Foto: 7-12-1984.

En definitiva, el embalse de aguas superficiales se apoyaba sobre otro de aguas subterráneas con unos funcionamientos hidráulicos diferentes.

Esta explicación, que como dirían algunos técnicos, no es más que un tema científico carente de utilidad, porque además, en cualquier caso la presa regulaba las aguas superficiales y subterráneas, realmente podía tener una importancia económica vital, ya que impedía adecuar la producción de energía eléctrica a la demanda, muy variable según los días y los meses.

Este es uno de los casos que he podido observar en la Cuenca del Ebro, y que un hidrogeólogo con unos mínimos conocimientos advertiría.

Así, sin un aspecto fundamental, como es el estudio hidrogeológico de los materiales implicados no solamente en la presa, sino en el vaso y el resto de la cuenca, se están planificando regulaciones de cuencas e incluso proyectando y construyendo en la actualidad algunos embalses donde el volumen de agua embalsado y su funcionamiento hidráulico real no está contemplado, y se responsabiliza al azar cuando un embalse no responde a las previsiones realizadas.

Este estudio hidrogeológico, cuya importancia debería ser equiparada al del estudio geotécnico o de impacto medioambiental, ya que evalua los recursos de aguas subterráneas y su relación con las superficiales que se quieren regular, se suele obviar o contemplar de forma muy s3omera. Una de las razones es que su coste económico no es juzgado con el mismo baremo que el de los estudios geotécnicos y siempre se considera excesivo a pesar de que debe incluir un volumen de obra para la investigación considerable si se quieren obtener conclusiones inequívocas. Otra de las razones es la

3. Manantiales y caudal de base en el cangosto de Ventanillo, en el río Esera entre el Run y el Seira (Huesca). Foto: 29-9-1984.

falta de importancia que se atribuye al hidrogeólogo por parte de las personas con más alta responsabilidad en los organismos y empresas relacionadas con el tema, donde apenas existe uno de ellos, y en el caso de que existiendo se le escuche, sus opiniones tengan un peso específico similar al de otros profesionales.

Como evidencia de lo expuesto anteriormente, existe el caso de tomar la decisión de variar el trazado original de una importante vía de comunicación con un coste adicional de varios miles de millones, porque se pretendía la ejecución de un embalse. Dado el alto riesgo de inviabilidad planteado por el hidrogeólogo y cuya opinión se consideró de forma ocasional, se realizó el estudio hidrogeológico y geotécnico cuando ya se había tomado la decisión del cambio de trazado. Los primeros resultados desestimaron su ejecución con un coste económico que hiciera rentable la explotación. Por supuesto, la valoración definitiva del estudio hidrogeológico (unos veinte millones) se rebajó a la mitad de lo que el hidrogeólogo había presupuestado de forma muy ajustada para la precisión de las conclusiones que se exigían.

En otro campo de trabajo en relación directa con todo lo expuesto anteriormente como es el estudio de recursos, previo a su aprovechamiento mediante embalses u otro tipo de obras de captación, habitualmente se realizan a partir de unos datos de calidad muy escaso que obligan a utilizar métodos matemáticos, estadísticos, etc... para obtener unos resultados que no se ajustan a la realidad, aunque su exposición (gráficos, mapas en colores, etc...) hagan pensar en la validez de los resultados, y comercialmente sea lo adecuado para dirigirlo a técnicos con alta responsabilidad sin asesoramiento hidrogeológico.

Esta forma habitual de trabajar es la con3secuencia lógica de una falta de infraestructura hidrométrica fiable previa a la ejecución de cualquier estudio de recursos y por supuesto, de cualquier obra de regulación. Así, ríos como la Esera con una aportación media anual que se piensa es de varios centenares de hm^3 y que lleva decenas de años con controversias sobre su regulación, sólo ha sido merecedor de

4. Cerrada donde se va a ubicar la presa de Calcón sobre el río del mismo nombre, en la Sierra de Guara, en las proximidades de Aguas (Huesca). Foto: 10-6-1989.

una estación de aforos consistente en dos estribos separados más de 50 m. en un tramo del río colmatado de bloques y con una dinámica fluvial muy acusada (foto 2). Por supuesto, no tiene estudio hidrogeológico de los recursos de agua subterránea en relación con el río (foto 3).

En otros casos, la inversión de unos mil millones de pesetas en la construcción de un embalse, prevista desde hace muchos años, no ha permitido la construcción previa de una sóla estación de aforos. El estudio hidrogeológico se basó en tres pequeños sondeos de reconocimiento donde se atravesaron terrenos permeables y el estudio de recursos no parte de ningún equipamiento hidrométrico situado en la cuenca (foto 4).

Afortunadamente, durante los últimos años se viene observando un ligero aumento de sensibilidad por las cuestiones hidrogeológicas de la Cuenca del Ebro, que ha hecho aumentar la participación de los geólogos, fundamentalmente en cuestiones de planificación, aunque sea casi inexistente en otros ámbitos como concesiones de aguas, viabilidad geotécnica e hidrogeológica de proyectos de regulación e incluso en materia de medio ambiente (foto 5).

Esta situación anterior se debe fundamentalmente a la formación universitaria del geólogo, en cuyo Plan de Estudios apenas se contemplan materias tales como Economía (básica en el mundo de la empresa), Legislación, y fundamentalmente realización de Proyectos de las Obras imprescindibles para nuestro trabajo de investigación. Estas, no entran en competencia y deberían ser vinculantes para aquellas que realizan posteriormente otros técnicos durante la explotación de los recursos investigados.

En realidad, es el geólogo el que, a pesar de su falta de formación inicial, proyecta, dirije y ejecuta estos trabajos ya que es el profesional reconocido con mayor experiencia, y sin embargo, no puede responsabilizarse de ellos. Este requisito legal que se convierte en un obstáculo administrativo, en la actualidad es difícilmente franqueable y debería ser superado por el colectivo por la vía de hecho. Todo esto quedaría solucionado con la inclusión en el Plan de Estudios de las materias antes comentadas, el mayor escollo existente en la actualidad.

5. Precipitaciones de carbonatos en las fracturas del estribo izquierdo de la presa de Carnelles (Huesca), célebre por los trabajos realizados para evitar filtraciones.

HUMOR ON THE ROCKS

Manatial de Fontibre (Cantabria).

Sobre el nacimiento del Ebro

● MANUEL ROLANDI SANCHEZ-SOLIS ●
Geólogo

● OSCAR BLASCO HERGUEDAS ●
Geólogo

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

El alto Ebro es el tramo más desconocido de toda la cuenca y el desconocimiento comienza con el propio nacimiento del río Ebro, el cual, durante muchos años, ha sido motivo de controversia y todo tipo de opiniones al respecto.

El nacimiento «oficial» del Ebro se ha situado desde antiguo en Fontibre (Cantabria), aunque la realidad geológica parece apuntar al hecho de que este importante río nace a unos 25 km. al oeste de dicho punto, al pie del pico Tres Mares en las escarpadas laderas de Peña Labra, donde la fusión de las nieves invernales da vida al incipiente Ebro, que en dicho sector se le conoce como Híjar.

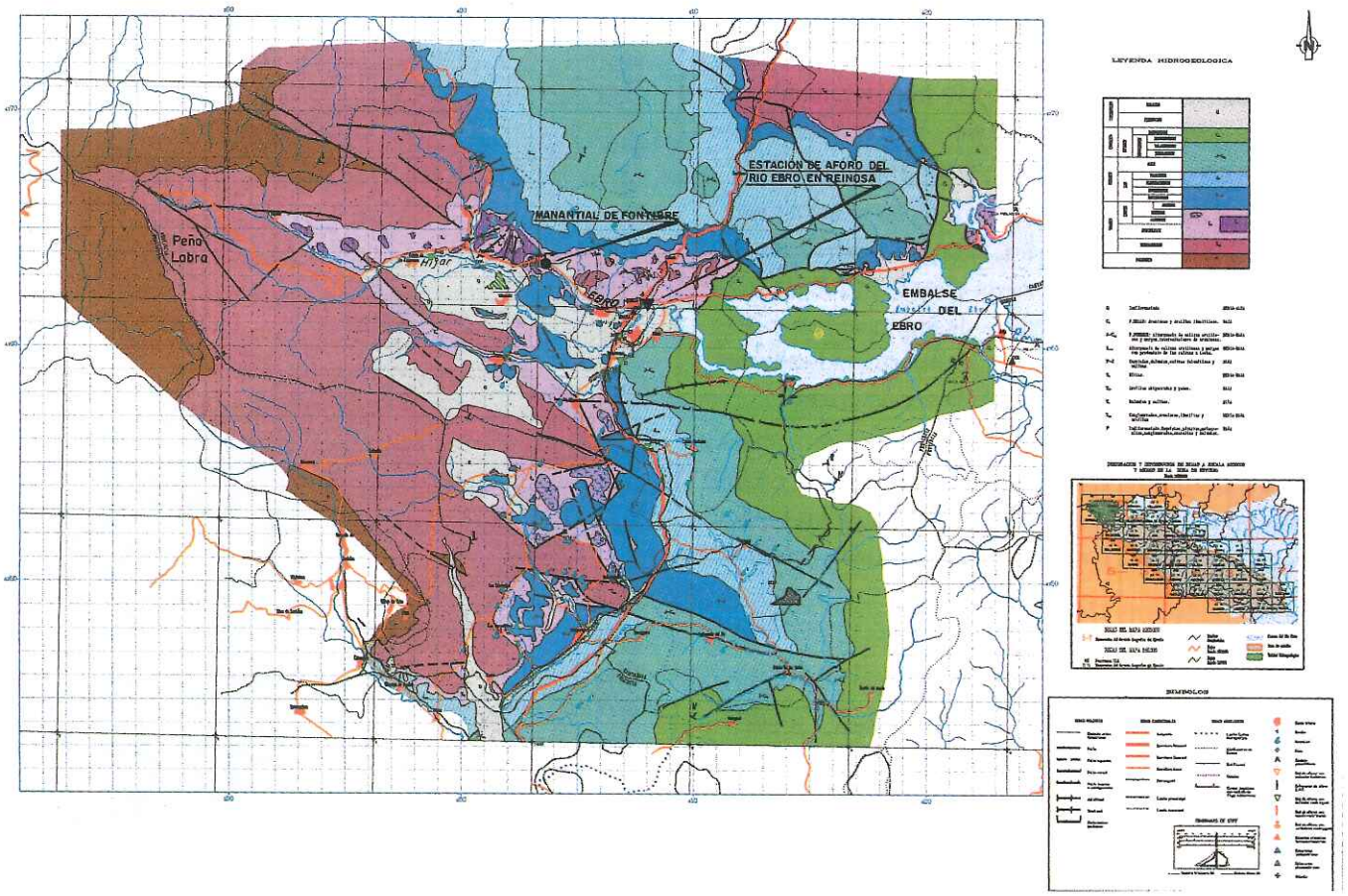


Figura 1. Esquema geológico de la Unidad de Fontibre (Nº 09-01).

Este hecho, ya apuntado en diferentes estudios anteriores, es lo que realmente parece confirmarse a partir de los resultados obtenidos en un reciente estudio hidrogeológico realizado por la Confederación Hidrográfica del Ebro en la zona, y cuyas conclusiones más destacables se presentan en este artículo.

MARCO HIDROLOGICO-HIDROGEOLOGICO

El nacimiento del Ebro se enmarca dentro de la denominada Unidad Hidrogeológica de Fontibre (nº 09.01) y constituye un resurgimiento de parte del caudal del citado río Híjar, infiltrado previamente en las inmediaciones de la población de Paracuellos, a unos 2 km al oeste de Fontibre, tras un recorrido de aproximadamente 16 km.

Otros cauces superficiales permanentes relacionados con la unidad Fontibre son el río Izarilla, que se incorpora al Ebro por su margen derecha entre Reinosa y el Embalse del Ebro, el río Marlantes afluente de éste por su margen izquierda aguas arriba de Matamorosa, y el río Polla, situado en el extremo suroriental de la unidad, que entrega sus aguas al Ebro en Bárcena de Ebro.

La infraestructura hidráulica de la unidad está constituida por un total de cuatro estaciones foronómicas de la Confederación Hidrográfica del Ebro y por el Ebalse del Ebro; las características más destacables de estos puntos son las siguientes:

Estación Foronómica	Cuenca vertiente (km^2)	Aportaciones anuales (hm^3)
Nº 203 Río Híjar en Reinosa	142	130-200
Nº 202 Río Izarilla en Matamorosa	59	37
Nº 178 Río Ebro en Reinosa	26	83
Nº 26 Río Ebro en Arroyo	469	319

El Embalse del Ebro se encuentra en el extremo oriental de la unidad. Con una presa de tipo gravedad y 26 m. de altura, almacena un máximo de 540 hm^3, regulando las aportaciones del Ebro interanualmente. Este embalse se utiliza para la producción de energía y para riegos.

La unidad de Fontibre está enclavada en el borde occidental de la Cuenca Cantábrica, y la constituyen, fundamentalmente, materiales mesozoicos plegados y fallados por la orogenia alpina, con estructuras de dirección E-O y NO-SE. Estas estructuras se amoldan a las directrices hercínicas dominantes en el borde oriental del Macizo Asturiano.

Los materiales aflotantes tienen edades comprendidas entre el Palezoico y Cretácico Inferior, además de los sedimientos aluviales cuaternarios que ocupan los fondos de los valles de los ríos. En general, los más antiguos,

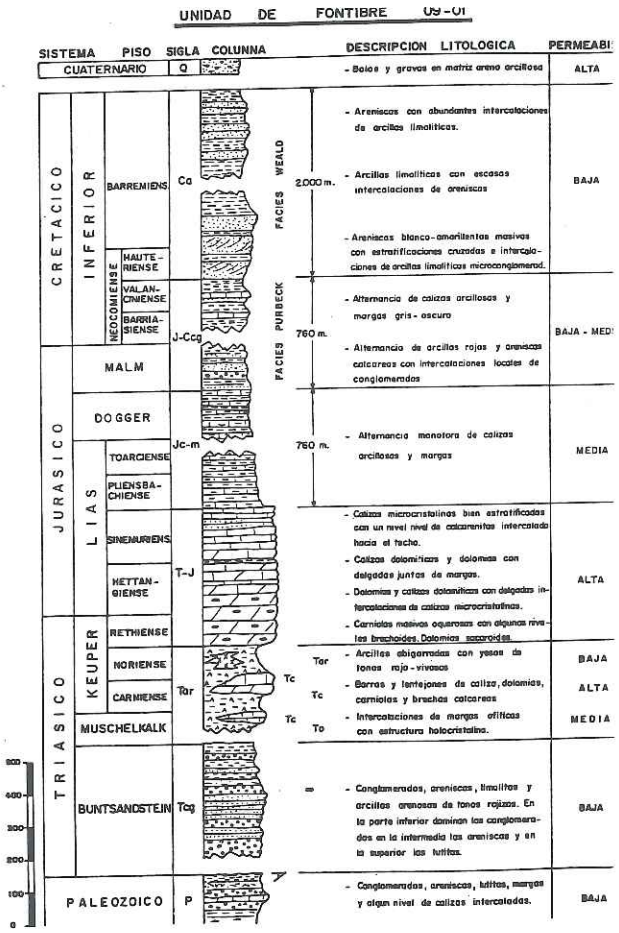
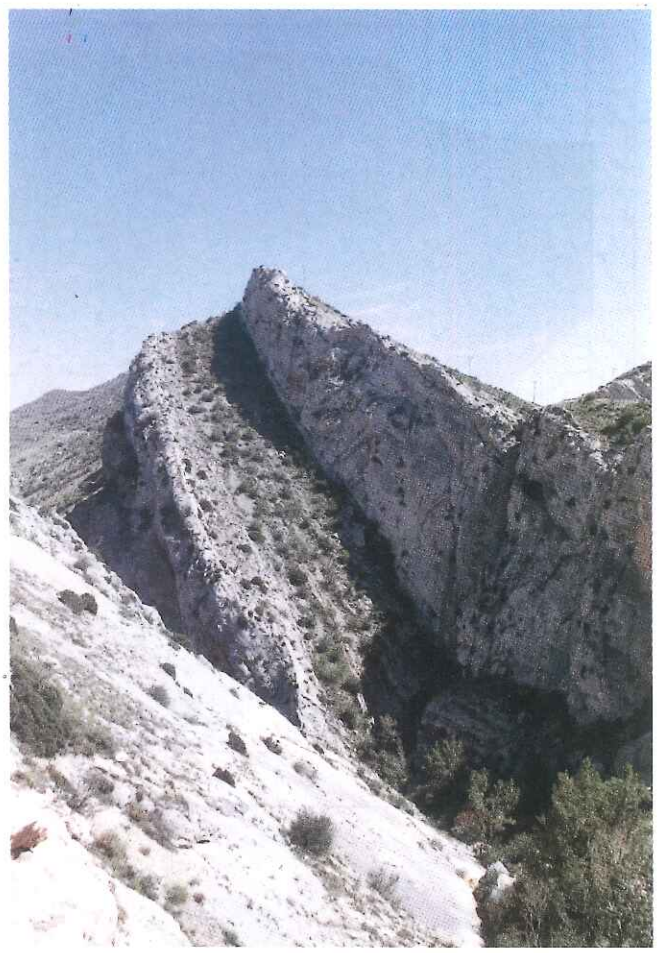


Figura 2. Serie Estatigráfica de la Unidad Hidrológica de Fontibre.



Sector de la Sierra del Cordal, próximo a Peña Labra.

correspondientes al Paleozoico, se sitúan en el extremo occidental de la unidad, disminuyendo de edad hacia el este, donde afloran los correspondientes al Cretácico Inferior. (Fig. 1).

DEFINICION GEOMETRICA Y FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO DE LA UNIDAD EN EL SECTOR DEL NACIMIENTO DEL EBRO

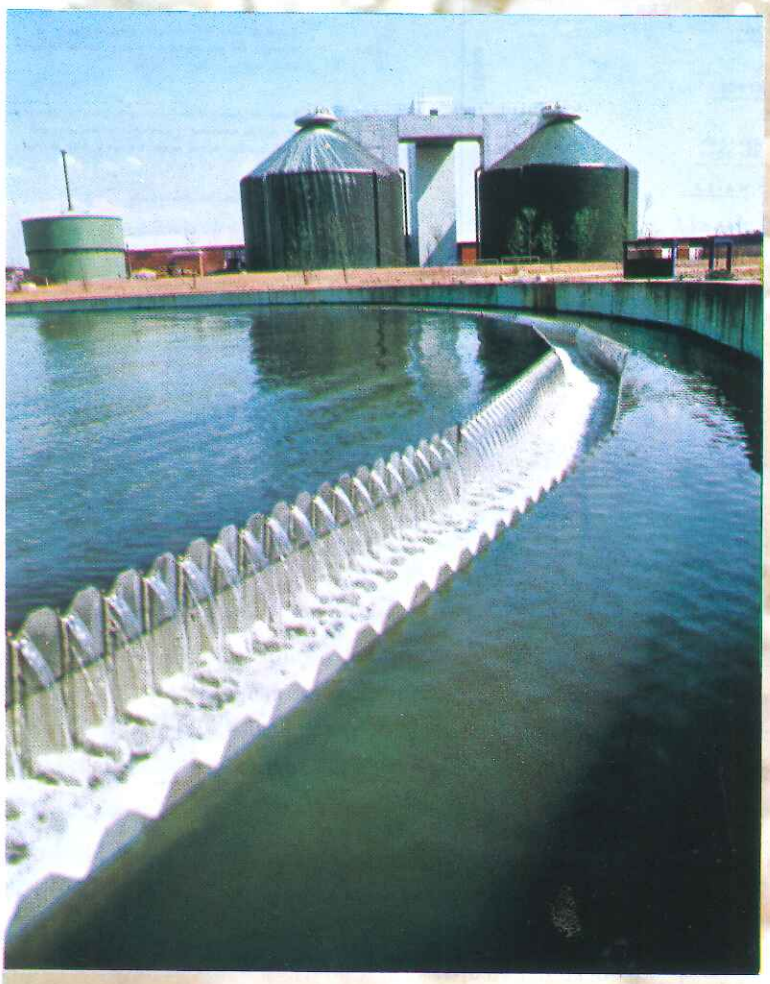
En la Unidad Hidrogeológica de Fontibre se localizan tres niveles acuíferos de interés que, de muro a techo, son los siguientes: (fig. 2)

— Nivel inferior carbonatado del Muschelkalk-Keuper (Tc).

— Nivel superior carbonatado del Suprakeuper-Lías (T-J).

— Depósitos cuaternarios (Q).

tratamiento de aguas para usos industriales depuración de vertidos residuales



- Análisis
- Ingeniería de proceso
- Suministros y Montajes
- Servicio post-venta
- Asesoramiento legal
- Planificación de inversiones

Tecnologías propias y específicas de BAJO CONSUMO DE ENERGIA

Oms Ibérica, s.a.

Oms Ibérica, s.a.

08024 Barcelona
Travesera de Dalt, 56 - 1º 4ª
Tels.: (93) 284 10 00
Fax: (93) 210 36 01

28003 Madrid
Cea Bermúdez, 12 - 1º C
Tels.: (91) 554 25 29/31
Fax: (91) 554 34 51

46001 Valencia
Barón de Cárcer, 48 11 - E
Tel.: (96) 352 12 27
Fax: (96) 352 69 28

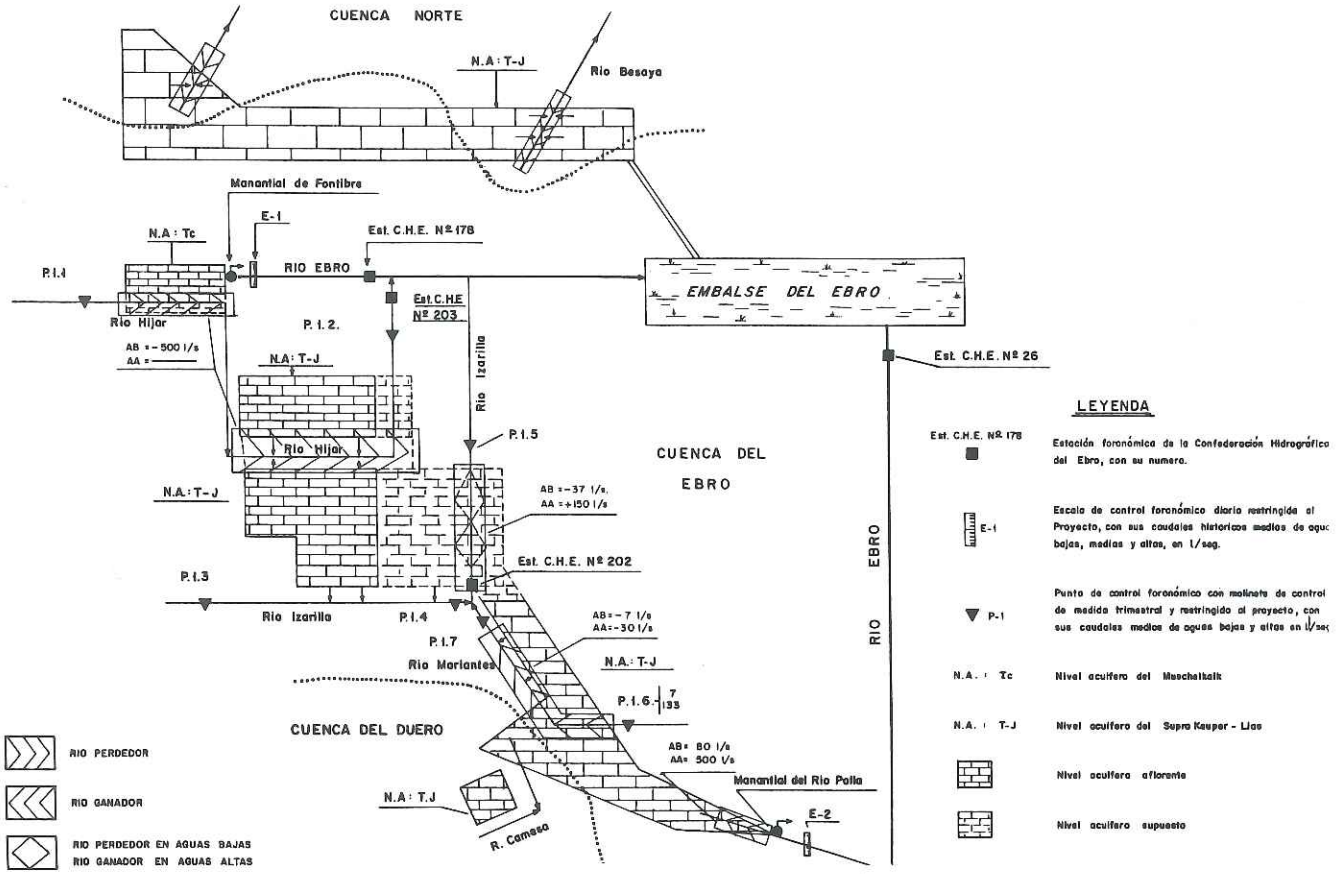


Figura 3. Esquema de relaciones ríos-acuíferos en la Unidad Hidrológica de Fontibre.

El nivel acuífero inferior está constituído por las barras de dolomías, calizas, carniolas y brechas calcáreas, probablemente del Muschelkalk, que se intercalan en las arcillas con yesos del Keuper-Muschelkalk. Su posición dentro de la serie estratigráfica de la zona admite varias hipótesis, según las cartografías existentes (MAGNA, estudios previos, etc.), aunque la más lógica de acuerdo con criterios regionales es que correspondan a niveles de muro y techo del Muschelkalk intercalados entre un paquete margo-yesífero del Muschelkalk Medio y la serie igualmente margo-yesífera del Keuper.

La importancia de la ubicación correcta de este nivel acuífero radica en que en él se produce el nacimiento del río Ebro, cuyo origen y justificación es necesatrio resolver.

Este nivel acuífero basal aflora únicamente en el sector de Fontibre-Espinilla, con una superficie de recarga aflorante de algo menos de 3 km^2, y una supuesta infrayacente bajo depósitos cuaternarios de otro tanto, así como en pequeños retazos diseminados por el borde meridional de la Sierra de Cantabria (sector de la Sierra del Cordal), entre Espinilla y Sopeña, a lo largo de toda la margen izquierda del arroyo Guares.

Según las interpretaciones estructurales realizadas, este nivel se encuentra desconectado hidraúlicamente del nivel superior del Suprakeuper-Lías (T-J) por el tramo arcillo-yesífero del Keuper (Tar), aflorante entre Reinosa y Fontibre a lo largo del valle del río Ebro.

El sustrato impermeable de este nivel acuífero, así como sus límites septentrionales, occidental y oriental, vienen definidos por las arcillas yesíferas de baja permeabilidad del Muschelkalk Medio y del Keuper (Tar), que le impondrán un carácter cerrado. Es posible que el límite occidental pueda tener un carácter semiabierto, al poder existir alguna conexión profunda con los conglomerados, arenis-

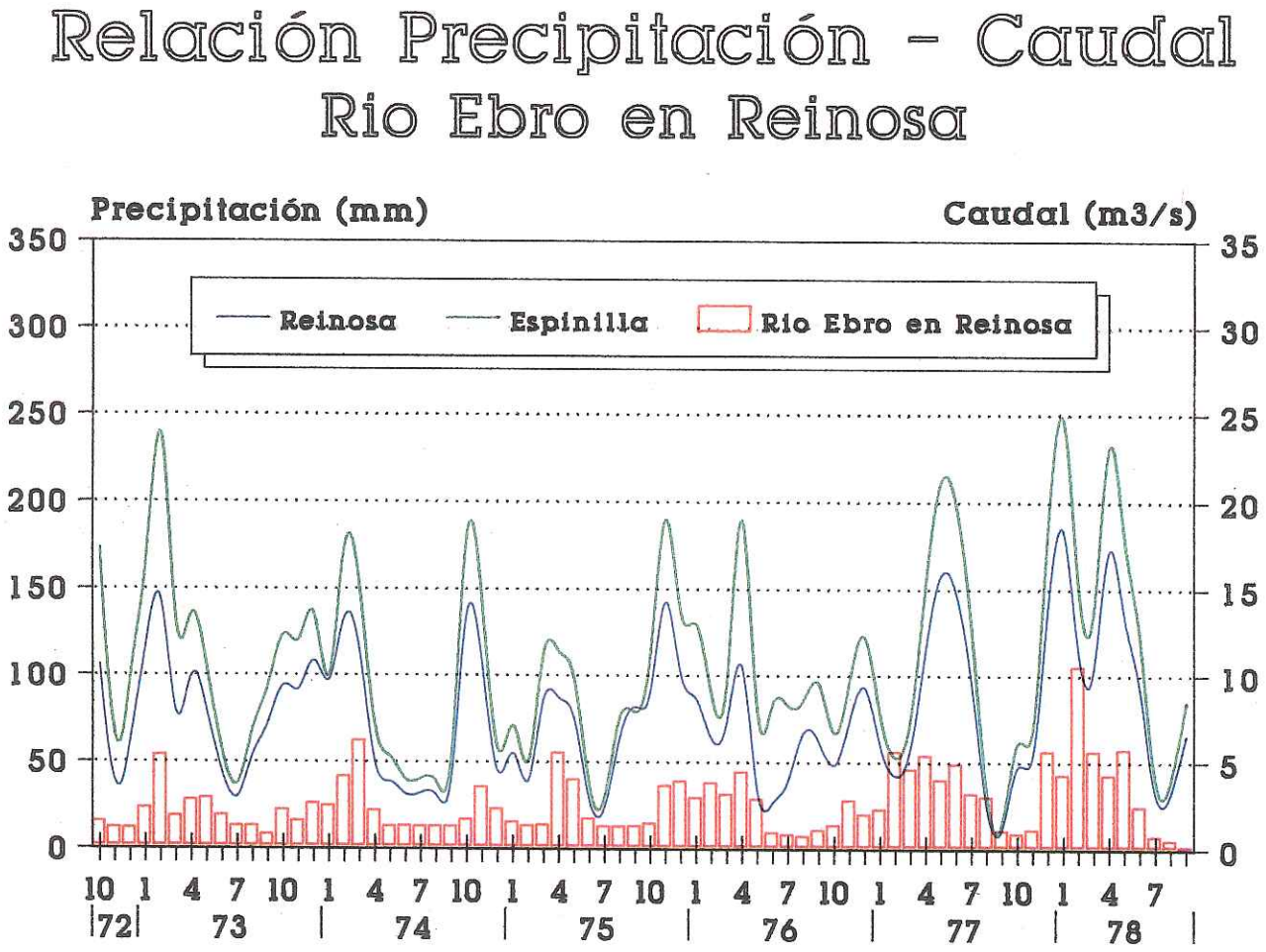


Figura 4. Relación precipitación-caudal en la estación de aforos del río Ebro en Reinosa.

cas, limolitas y arcillas del Buntsandstein a través de una fractura de dirección NO-SE discurrente por el eje del sinclinal del Cordel, aunque este supuesto no está suficientemente probado. Finalmente, el único límite realmente abierto del acuífero lo constituye su borde meridional, al existir una probada conexión hidráulica con los depósitos de aluvial del río Híjar y del arroyo de las Celadas, cuya justificación y cuantificación constituye el objeto de este artículo.

La potencia máxima de este nivel acuífero se ha estimado para el afloramiento principal del sector de Fontibre en unos 50-60 m.

La complicada distribución estructural del acuífero, unida al tipo de materiales existentes, condicionará la aparición de una piezometría virtual y discontínua, propia de medios anisótropos, con discontinuidad hidráulica y circulación por conductos y redes de drenaje preferenciales.

El nivel piezométrico del acuífero del Muschelkalk-Keuper (Tc), al estar éste conectato hidráulicamente con el aluvial del río Híjar y con los aportes de dicho río, que dan origen al manantial de Fontibre, vendrá definido por la cota de dicho manantial (900-905 m.s.n.m.), que coincide prácticamente con la del cauce del río en el sector de El Reguero. Existirá, no obstante, otro nivel piezométrico sectorial y col-

gado respecto al anterior, que corresponde a manantiales de muro emplazados a cotas próximas a los 970-975 m.s.n.m., en el contacto entre las dolomías (Tc) y las margas arcillosas del Keuper basal (Tar).

Este nivel acuífero, por consiguiente, presenta una clara relación con el río Híjar, el cual actúa como río perdedor respecto al acuífero en el tramo comprendido entre Paracuellos y El Reguero. Este aspecto se ha comprobado y cuantificado mediante aforos diferenciales en el río y directos en el propio manantial, para distintos períodos dentro del año hidrológico.

Los aforos diferenciales realizados en distintos puntos del río Híjar (P-1.1 y P-1.2) indican que este río pierde en el mencionado sector todo su caudal de estiaje (unos 500 l/s) y algo más de 800 l/s en el período de aguas altas. estos aportes coinciden perfectamente con los caudales del manatial de Fontibre, lo que parece confirmar el origen y justificación de dicho manantial. (Fig. 3)

La cuenca del río Híjar hasta el sector de conexión con el nivel acuífero carbonatado del Muschelkalk-Keuper (Tc) presenta una superficie de recepción de unos 125 km², lo cual, en función de la precipitación media anual (1500 mm) y del coeficiente de escorrentía supuesto (0,7) supondría una lluvia útil de 133 hm³/año (unos 4200 l/s). Estos volúmenes anuales renovables sí podrían justificar el nacimiento de Fontibre y no los escasos 3 hm³/año (unos 100 l/s) que aportaría una hipotética conexión con el nivel acuífero del Suprakeuper-Lías (T-J).

El propio hidrograma del caudal del río Ebro en la estación de aforos de Reinosa y su relación con la precipitación en las estaciones pluviométricas de Reinosa y espinilla (fig. 4) indica una relación río-acuífero con respuestas muy rápidas y de escasa inercia, tanto en períodos de aguas altas como en aguas bajas.

Por otro lado, el análisis de este hidrograma confirma la precedencia externa de los aportes aforados, pues mientras los escasos 26 km² de cuenca de recepción en la estación de aforos de Reinosa apenas justificarían unos aportes de 2 m³/s para los períodos medios y unos 0,6-0,9 m³/s para los bajos, los aportes medidos en la estación de aforos de Reinosa indican caudales de 3-3,5 m³/s y de 2,5-3 m³/s, respectivamente. Algo similar ocurre para precipitaciones punta, en las que los aportes de la cuenca serían del orden de 3,5-6 m³/s y los aforados de 6-11 m³/s.

Las relaciones entre caudales aforados en Reinosa (Qa) y volúmenes mensuales de lluvia útil en su cuenca de recepción (VLlu), para distintos períodos climáticos, son las siguentes:

	Períodos secos	Períodos medios	Períodos punta
Q_a	1-1.5 m³/s	3-3.5 m³/s	6-11 m³/s
V_{Llu}	0.6-0.9 m³/s	2m³/s	3.5-6 m³/s
Q_a/V_{Llu}	1.6-1.7	1.5-1.7	1.7-1.8

Estas cifras parecen evidenciar un aporte externo al nacimiento del Ebro, con proporciones mínimas que oscilarían entre el 50 y el 80 por 100, y lo más razonable, desde el punto de vista de posibilidades de recursos y de funcionamiento hídrico, es que dichos aportes externos procedan del río Híjar y de su cuenca de recepción.

Por consiguiente, y con permiso y todo el respecto debido hacia geógrafos, naturalistas y estudiosos del tema, a los que nunca podremos agradecer suficientemente su valiosa aportación investigadora, pero a los que es necesario ir superando, el río Ebro, el «Iberus» o «Iberos» de antaño, parece que ha dejado de nacer en Fontibre y que debemos de hacernos a la idea de reconocerle su cuna a las blancas laderas de Peña Labra.

BIBLIOGRAFIA

- I.T.G.E.: (1982) «Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Ebro» P.I.A.S. Colección Informe. Madrid.
- Saenz Ridruejo, C. y Arrenillas Parra, M.: (1987) «Guía física de España: Los ríos.» Alianza Editorial.
- C.H.E.: (1988) «Documentación básica del Plan Hidrológico del Ebro.»
- S.G.O.P.: (1988) «Estudio de delimitación de las Unidades Hidrológicas del Territotio Peninsular e Islas Baleares y síntesis de sus características.»
- C.H.E.: (1990-1991) «Estudio de los recursos hidráulicos subterráneos de los acuíferos de la margen derecha de la Cuenca del Ebro (Plan Hidrológico). Zona I. Acuíferos de Cabecera.»

TARJETA VISA GEOLOGOS

Para más información diríjase a cualquiera de las oficinas de:

BANCO POPULAR ESPAÑOL · BANCO DE ANDALUCIA · BANCO DE CASTILLA · BANCO DE CREDITO BALEAR · BANCO DE GALICIA · BANCO DE VASCONIA

Nombre ..... Apellidos ..... Ciudad .....
Domicilio ..... C.P. .....
Provincia .....
Tel. .....

Envíe este cupón si desea recibir información en su domicilio sobre la Tarjeta VISA GEOLOGOS del Banco

OFICINA DE MEDIOS DE PAGO
Apdo. de Correos 53 F.D.
28080 - MADRID

La moderna investigación hidrogeológica en la cuenca media del Ebro se remonta a la década de los años sesenta. Desde entonces numerosos organismos han intervenido en la misma en pos de aquellos objetivos propios de las competencias que les atañen. De entre todos ellos, cabe citar al Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE), con una presencia continuada en la región desde el inicio de las investigaciones y autor del primer desbroce hidrogeológico regional de este sector de la cuenca, así como de numerosos estudios posteriores; el IRYDA, responsable de una amplia y continuada campaña de prospección de aguas subterráneas que prosigue en la actualidad la Diputación General de Aragón (DGA); el Servicio Geológico de Obras Públicas, autor del primer estudio de los acuíferos aluviales del Ebro y Gállego; las diputaciones provinciales de zaragoza y Teruel, autoras de numerosos estudios locales, así como de sondeos de investigación y captación; la Cátedra de Hidrología de la Universidad de Zaragoza, que a partir de la década de los años ochenta, contribuye a profundizar en el conocimiento de la región, tanto a través de sus actividades propias de investigación como de estudios realizados a petición de otros organismos, en especial la DGA: y finalmente, en los últimos años, la Confederación Hidrográfica del Ebro a través de la Oficina de Planificación, centrada fundamentalmente en la realización de amplios estudios regionales a cumplimentar el Plan Hidrológico de la cuenca.

En lo que respecta al ITGE, su actividad inicial se centró en la investigación hidrogeológica básica a través del Proyecto de Investigación de las Aguas Subterráneas (PIAS), primer desbroce hidrogeológico a nivel Nacional, que en la Cuenca del Ebro culmina en 1981 con la delimitación de nueve grandes sistemas acuíferos, estableciéndose su ubicación, características geométricas e hidrodinámicas, grado de explotación, y la calidad y contaminación de las aguas. Así mismo, se evaluó sus recursos y reservas, y recomendó los esquemas más idóneos para su explotación y protección, sentando las bases para la integración de los recursos hídricos subterráneos en el marco de la planificación hidráulica global.

La actividad hidrogeológica continuó en años posteriores a través de diversos proyectos de Investigación, entre los que destaca el Proyecto de Estudios de Gestión y Conservación de Acuíferos, dentro del cual se establecieron redes de control piezométrico, hidroquímico y foronómico, que con las debidas reformas continua vigente en la actualidad, por lo que se dispone de series temporales de hasta 15 años de duración, de indudable valor en la actualidad.

Otra importante actividad desarrollada por el ITGE ha sido el asesoramiento en materia de aguas subterráneas a organismos públicos, en el marco del cual se ha dado solución a numerosos problemas de abastecimiento urbano, y se ha abordado estudios de diversa índole, desde estudios regionales de detalle para el desarrollo de áreas concretas (Sierra de Solorio, Cuenca del río Jiloca, Interfluvio Esera-Noguera Ribagorzana, Bajo Jalón, etc.), hasta estudios encaminados a la determinación de afecciones, prevención de la contaminación y prevención de la alteración de medio hidrogeológico por la realización de obras de ingeniería, labores mineras, etc, lo que ha permitido profundizar notablemente en el conocimiento hidrogeológico de la región.

La actividad en estos años pasados se ha completado con otros proyectos de investigación del ITGE, tendentes a la actualización y mejora de la infraestructura hidrogeológica de aquellas áreas que más lo requieren, así como establecer con más detalle

Sinopsis de la investigación en Aragón

● Antonio Acción González de Aguilar ●
Instituto Tecnológico GeoMinero de España
ZARAGOZA

Aspecto de la «Salada Grande» de Alcañiz (Teruel). Panorámica desde el este. Al pie de la Salada realización de un sondeo de investigación. Al fondo, la central térmica de Andorra (Endesa). Foto Rosana Navarro.

las características de las aguas subterráneas, y la distribución y evolución temporal de aquellos parámetros, que más contribuyen a su degradación.

Otros aspectos relacionados con las aguas subterráneas también han sido abordados. Así, el ITGE realizó el estudio de la manifestaciones temporales de Aragón y Rioja, y profundizó posteriormente en el termalismo de Fitero, Alhama de Aragón y Jaraba mediante el estudio de las implicaciones geológicas de la Falla de Soria, ala que se asocia, y en la actualidad estudia, en colaboración con la DGA, las aguas minerales en su triple vertiente hidrogeológica, química y económica.

No obstante la amplia labor desarrollada, a medida que se acentúa la demanda de conocimientos hidrogeológicos para otros fines —ecológicos, geotécnicos, mineros, edafológicos, etc— ha quedado patente la existencia de lagunas de conocimientos que imposibilitan dar respuesta a algunas cuestiones de máximo interés. Estas cuestiones merecen unas reflexiones que analicen las causas de las defi-

Surgencia de «Agua Caliente» en Alama de Aragón. Lago de «Termas Pallares.» Foto Rosana Navarro.

ciencias detectadas, a fin de subsanarlas en las investigaciones futuras.

En efecto, una reconsideración de la actividad realizada por los diferentes organismos pone de manifiesto que las facetas abordadas han sido multiples, pero una concreta de entre todas ellas acapara un gran protagonismo: La que relaciona la hidrogeología con la planificación hidrológica y la prospección de aguas. En un buen número de casos se trataba de localizar, definir, evaluar cuantitativa y cualitativamente, y alumbrar unos recursos que servirían para satisfacer o complementar una demanda a la que en general no llegaban las aguas superficiales. La preponderancia de este tipo de investigación —de gran interés, por otra parte— está justificada por la demanda existente, pero ello ha llevado a una serie de desequilibrios y a la proliferación de ciertos hábitos que tienden a dar una imagen de esta ciencia mucho más limitada que la que sus verdaderas posibilidades ofrece. Algunas de las carencias detectadas, así como el análisis crítico de las causas que las han originado y, en su caso, las actividades completadas para subsanarlas, se expone a continuación:

- **Insuficiente conocimiento del medio físico.**

  El papel jugado por la geología en la primera fase de la investigación no ha tenido el protagonismo que en lógica corresponde a toda investigación que afecta al subsuelo. La clara orientación de los trabajos en el sentido antes apuntado ha propiciado que en ocasiones el acuífero sea considerado como una «caja negra» al que se le aplica un balance, por lo que en la actualidad existen indefiniciones en sus características geométricas, tales como límites, estructura, morfología, isópacas, isóbatas, niveles productivos, etc.

- **Desigual cobertura de las áreas estudiadas.**

  El hecho de que la investigación se haya centrado en aquellas zonas en las que las expectativas de desarrollo en base a aguas superficiales eran poco viables han dejado prácticamente inéditas —o con un conocimiento deficiente— amplias zonas con abundancia de recursos superficiales. Entre estas cabe citar las áreas

Panorámica de «Las Sadas de Alcañiz» (Teruel). Al fondo la Salada grande y la Salada pequeña (Saladita). En primer término tanques evaporimétricos con agua dulce y salada, pluviómetro y termómetro. Foto Rosana Navarro.

montañosas marginales de la cuenca, fundamentalmente las pirenáicas e ibéricas. Ello puede llevar al planificador un mensaje subrepticio perjuicial para la hidrología, que puede hacerle asumir la creencia de que las aguas subterráneas son alternativa, y no complemento, de las aguas superficiales y, por extensión, que estas no merecen ser estudiadas en donde hay abundancia de recursos superficiales. De este modo, el concepto de «Uso Conjunto» pasaría a carecer de contenido en una cuenca en la que uno de sus principales problemas es la deficiente regulación de los cauces superficiales en zonas de cabecera, aspecto en el que las aguas subterráneas puede jugar un papel significativo.

A tal efecto, el ITGE en sus planes futuros prevé la mejora del conocimiento hidrogeológico de las áreas marginales, a fin de establecer la aptitud para la regulación de los acuíferos cársticos de cabecera con fines diversos; ya sea como alternativa a contestadas obras de regulación superficial de escasa entidad, mantenimiento de caudales de estiaje por encima del límite ecológico, o simplemente aumentar la garantía de suministro en estiajes especialmente extremos.

- **Deficiente conocimiento de acuíferos locales, colgados o de menor entidad.**

La investigación de los grandes recursos ha copado buena parte del esfuerzo investigador y dejado prácticamente inéditos buena parte de aquellos pequeños acuíferos de funcionamiento independiente del contexto regional. Paradójicamente, en base a estos acuíferos se satisfacen las demandas —fundamentalmente urbanas— de numerosas peticiones de mejora.

Para cubrir esta laguna el ITGE tiene previsto abordar en un futuro próximo estudios síntesis de detalle, si es posible en colaboración con los servicios geológicos de las respectivas diputaciones provinciales, depositarias de un valiosos fondo de datos, consecuencia de su actividad hidrogeológica.

- **Deficiente caracterización hidrogeológica de la Cuenca Terciaria del Ebro.**

Al contrario de otras grandes cuencas terciarias de la península, la Depresión del Ebro en su conjunto ha sido objeto de escasa atención por parte de los investigadores. La manifiesta inaptitud hidrogeológica de gran parte de las formaciones que la integran para atender demandas de incluso poca entidad ha postergado el estudio de esta gran cuenca terciaria en su conjunto, lo que ha contribuído al olvido de la importancia que tiene su conocimiento hidrogeológico para dar respuesta a los problemas geotécnicos, edafológicos, medio ambientales, ecológicos, mineros, etc., que se dan —o pueden dar— en el ámbito de la depresión.

Parte importante de la problemática que afecta a esta zona no tiene respuesta sin la debida caracterización hidrogeológica de las formaciones terciarias. Así, por ejemplo, las medidas correctoras a tomar para minimizar el impacto ambiental que pueda ejercer la puesta en regadío de las vastas áreas contempladas en los planes de riego de Manegros y del Canal Calanda-Alcañiz, tales como salinidad de los afluentes, la salinización de suelo, la pervivencia de las lagunas estepáricas del Bajo Aragón, etc., exigen previamente dar respuesta a las numerosas incógnitas que estas formaciones plantean.

Por otro lado, la deficiente caracterización hidrogeológica de las formaciones terciarias de baja permeabilidad, así como la de las formaciones mesozóicas subyacentes, unido a la incertidumbre acerca del papel hidrogeológico que juegan significativas estructuras tectónicas de la región (falla noribérica, anticlinal de Barbastro, etc.) y el desconocimiento, ni siquiera aproximado, de la distribución de potenciales hidráulicos en profundidad, ha supuesto hasta la fecha un notable obstáculo para la comprensión del funcionamiento hidrogeológico global de la cuenca, al constituír un eslabón desconocido que relacionaría los grandes acuíferos mesozóicos, ya sean ibéricos o prepirenáicos, con el presunto afluente final de la cuenca, el río Ebro.

Aspectos concretos de la problemática antes expuesta está siendo abordada por diversos organismos. Así, la DGA estudia en la actualidad los sistemas de flujo en el entorno de la laguna «La Salada» de Alcañiz, y el IRYDA desarrolla estudios similares en el sector más meridional de Monegros.

La contribución del ITGE para paliar estas deficiencias es muy importante, y se basa en varios pilares fundamentales: profundización del conocimiento geológico de las formaciones terciarias, inventario de las manifestaciones acuíferas, estudio hidroquímico e isotópico, y determinación de la distribución tridimensional de potenciales hidraúlicos. Los primeros aspectos se están abordando actualmente mediante un ambicioso proyecto que contempla completar mediante cartografía geológica e hidrogeológica escala 1:50.000 los importantes vacios existentes en el centro de la cuenca y que permitirá, con el apoyo de un amplio despliegue de prospección geofísica sísmica y electromagnética y de técnicas geoestadísticas, definir la geometría de las diferentes formaciones tectosedimentarias y la distribución tridimensional de litofacies. Una primera aproximación de la distribución de potenciales y del funcionamiento hidrogeológico del sustrato mesozoico se prevé obtener mediante reinterpretación de los logs disponibles de los numerosos sondeos petrolíferos perforados en la zona. Todo ello per-mitirá la elaboración de secciones tipo correctamente caracterizadas desde el punto de vista litológico, estructural e hidráulico que, previamente validadas mediante modelos de flujo verticales (xz), permitirá la obtención de un modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico regional, en cuyo marco podrán vislumbrarse los efectos de cuantas acciones antrópicas se realicen en el entorno.

Finalmente, el ITGE está comprometido en la defensa del papel que debe jugar la hidrogeología en la planificación hidráulica y medio ambiental, ya que la evidencia de los hechos le asigna una importancia que excede en mucho la que pudiera deducirse de la magnitud de los recursos que puede poner en juego. Esto es así incluso en cuencas como la del Ebro, en donde la desproporción con respecto a las aguas superficiales es tan aparentemente manifiesta. El análisis de los hidrogramas disponibles indican que, en un alto porcentaje de las subcuencas ibéricas, los caudales de base (o de origen subterráneo) representan del orden del 70 por 100 de la aportación total. Ello justificaría que las aguas subterráneas abandonen el tradicional papel de cenicienta y, en consecuencia, la escasez de medios y penuria económica que con la que habitualmente se han desenvuelto.

DESE A CONOCER EN EL MEJOR MEDIO AMBIENTE

BSB

organizan:

FIBES

JUNTA DE ANDALUCIA
Consejería de Cultura y Medio Ambiente
Agencia de Medio Ambiente

colaboran :

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
SECRETARIA DE ESTADO PARA LAS POLITICAS DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO
SECRETARIA DE ESTADO DE INDUSTRIA
CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLOGICO INDUSTRIAL

JUNTA DE ANDALUCIA
Consejería de Economía y Hacienda.
INSTITUTO DE FOMENTO DE ANDALUCIA

CAMARA OFICIAL DE COMERCIO INDUSTRIA Y NAVEGACION

INSTITUTO ANDALUZ DE TECNOLOGIA

CONFEDERACION DE EMPRESARIOS DE ANDALUCIA

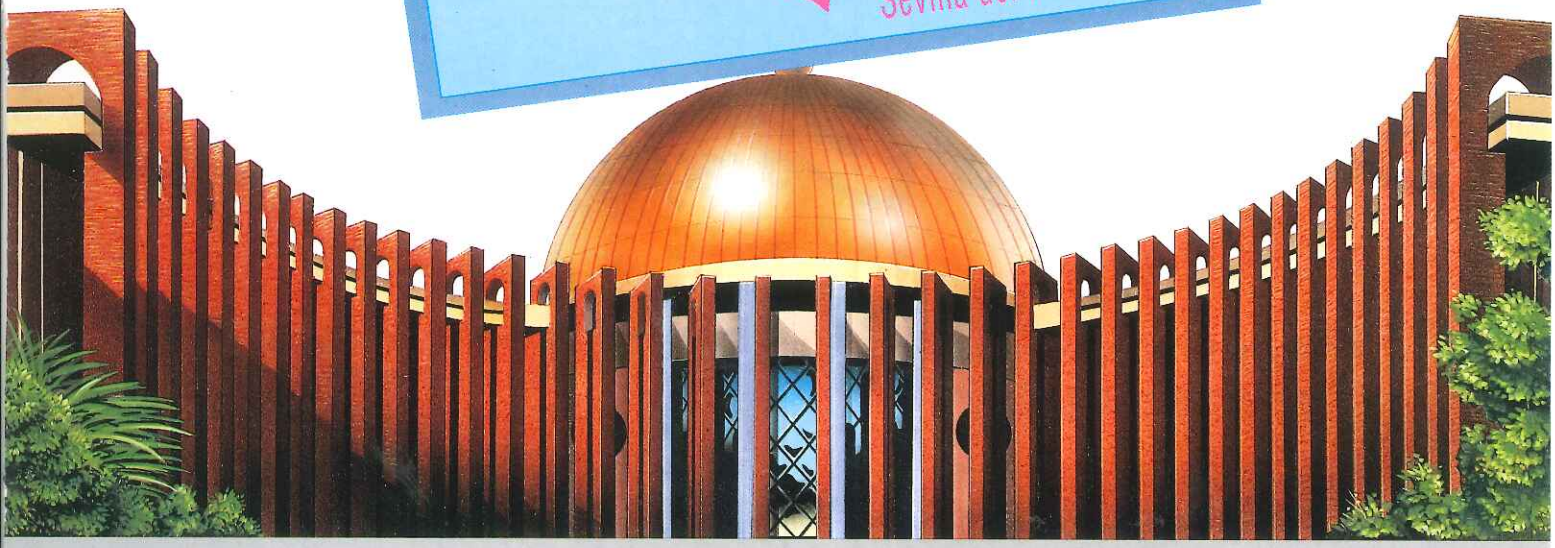
BANCO GENERAL GRUPO BANESTO MEDIO AMBIENTE

ICEX
INSTITUTO ESPAÑOL DE COMERCIO EXTERIOR

Transportistas Oficiales:

IBERIA
LINEAS AEREAS DE ESPAÑA

RENFE
MEJORA TU TREN DE VIDA



PALACIO DE EXPOSICIONES Y CONGRESOS

(Sevilla - Este). Apartado de Correos 4016
Fax: 4675350 - Teléfono: 4675140 - 41080 Sevilla.

FIBES
SEVILLA

Area Ibérica.

Los acuíferos tienen capacidad de soportar en bombeo prolongado de 1m³/s. En este caso con caudal unitario por pozo de 250 l/s.

Soluciones Complementarias

● SEBASTIAN DELGADO MOYA ●
Planificación Hidrológica INTECSA

En la parte más meridional de la cuenca del Ebro, entre el río Piedra, a occidente y El Maestrazgo, a oriente, la configuración geológica ha determinado la compartimentación de una serie de unidades hidrogeológicas, a veces conocidas bajo el seudónimo de «ibéricas» por estar encajadas —estructuralmente— en el Borde Oriental de la Cordillera Ibérica.

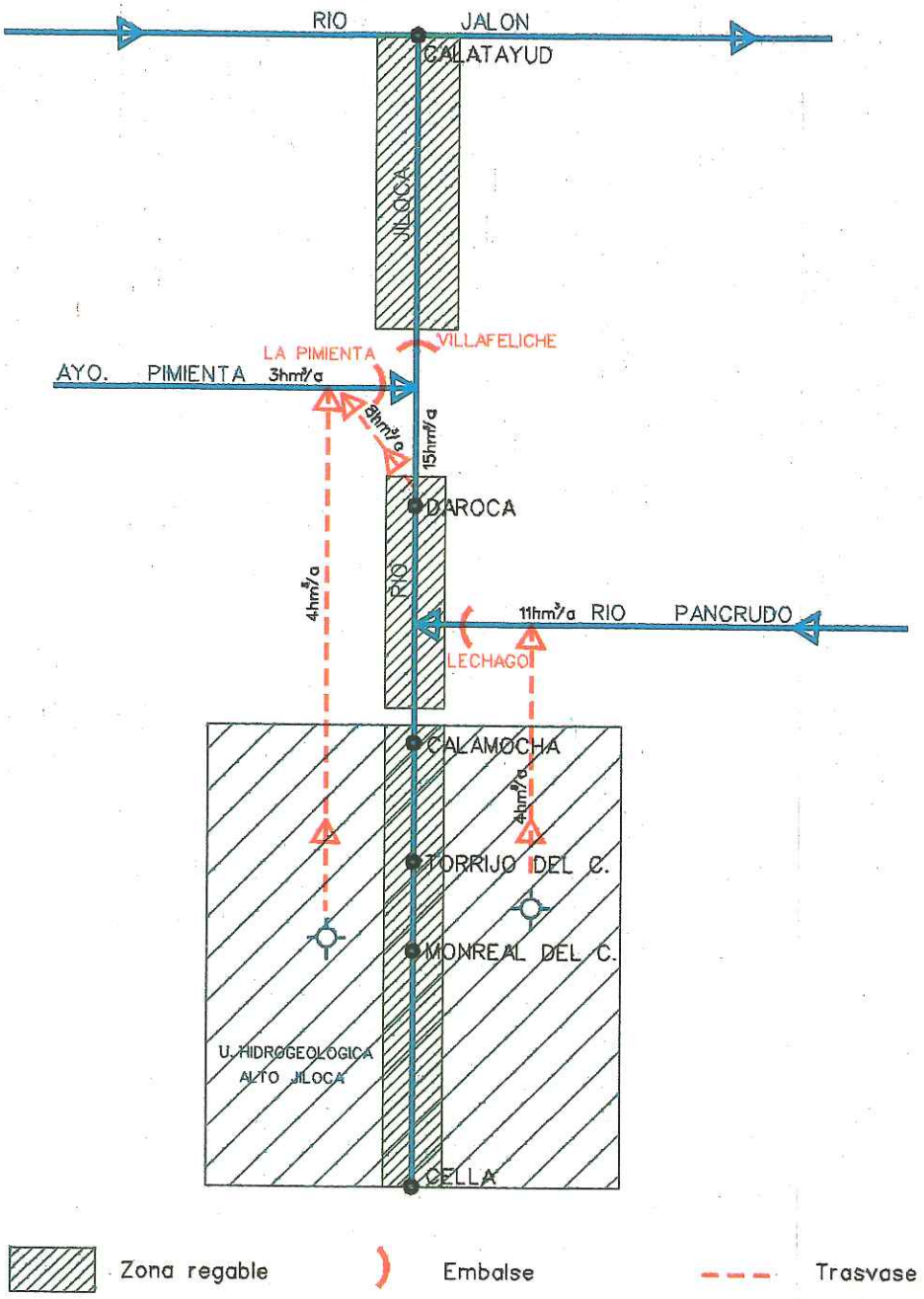
Los rasgos que las singularizan, a los propósitos de esta exposición, son su morfología montañosa, clima riguroso,

población escasa y diseminada, extensos y potentes acuíferos, abundancia de recursos de agua preservados de contaminación y un escaso nivel de actividad, salvo en el Valle del Jiloca, donde el desarrollo agrícola alcanzó un gran auge.

Se trata por tanto de un área fuente de recursos de buena calidad y como tal, presenta excelentes posibilidades como alternativa o complemento de otras soluciones, técnicamente más complejas y económicamente más costosas.

Un ejemplo ilustrativo ha sido contemplado en la unidad hidrogeológica del Valle del Jiloca, en el marco de los trabajos desarrollados por la Oficina de Planificación Hidrológica de la cuenca del Ebro.

En la cuenca del río Jiloca cabe diferenciar tres sectores: Alto Jiloca, desde su nacimiento a Calamocha, donde la construcción de embalses para regular las aportaciones superficiales, es inviable. Sin embargo, los acuíferos existentes permiten la extracción de un importante volumen de agua subterránea, de modo que conjuntamente con el agua superficial se garantiza, en un elevado grado, las necesidades agrícolas de la zona, pues se regula un volumen medio anual de unos 80 hm³.



Esquema de opciones contempladas para cubrir el déficit de 12 hm³/a.

El aprovechamiento y situación de los recursos hidráulicos en el valle, ha experimentado una importante transformación en los últimos años, debido a:

— La práctica eliminación del cultivo de remolacha que requiere una dotación elevada.

— El lento pero progresivo decrecimiento de la superficie regada (3 por 100 anual).

— La reducción del 50 por 100 del volumen de agua subterránea extraída de los acuíferos (del 31 hm³ en 1985 se ha pasado a unos 15 hm³ en 1990).

— Los niveles piezométricos están en constante recuperación desde 1987.

El Medio Jiloca, entre Calamocha y Villafeliche, es el tramo montañoso de la cuenca por lo que las posibilidades de construir presas en cerradas naturales, son diversas, ya sea en los ríos Jiloca (embalse de Villafeliche) y Pancrudo (embalse de Lechago), como en los barrancos laterales (La Pimienta). Las necesidades de agua para regadío, se satisfacen con los excedentes del Alto Jiloca y las aportaciones del Pancrudo.

En el Bajo Jiloca no existen condiciones para la construcción de embalses. El acuífero aluvial tiene limitada capacidad y es objeto de una explotación intensiva. Aún así, el déficit de agua en este sector ha sido evaluado en unos 12 hm^3/a (DGA, 1987).

Las necesidades de agua en los sectores Medio y Bajo se cifran en unos 28 hm^3/a, volumen claramente inferior a las aportaciones excedentarias del Alto Jiloca. En consecuencia, la problemática de la cuenca es una cuestión de falta de regulación y no de recursos.

Las alternativas contempladas para remediar esta situación son, de un lado, abordar la máxima regulación posible de la cuenca y, de otro, cubrir el déficit de 12 hm^3/a en la propia cuenca. Esta segunda opción es la considerada como más conveniente en las actuales circunstancias, por adecuarse mejor a las necesidades.

El abanico de posibles embalses, en esta opción, es el siguiente:

— Embalse de Villafeliche con 15 hm^3.

— Embalse de Lechago con 15 hm^3 (4 hm^3 travasados).

— Embalse de La Pimienta con 8,5 hm^3 y alguna obra complementaria.

El primero tiene un elevado coste social y económico. El segundo plantea problemas de aterramiento y expropiación. El de La Pimienta con su canal de trasvase desde el río Jiloca regularía 8 hm^3, los 4 hm^3 restantes serían de agua subterránea, aportados por la unidad hidrogeológica del Alto Jiloca.

El análisis de la viabilidad de extraer ese volumen adicional de los acuíferos de la unidad hidrogeológica, ha consistido en un bombeo de 1.000 l/s, en cuatro pozos (caudal unitario de 250 l/s), durante nueve días consecutivos, con la finalidad de comprobar la respuesta de los acuíferos, la capacidad de mantener la extracción por un período prolongado y las repercusiones en el entorno.

En el área de actuación existen dos importantes acuíferos. El inferior, calcáreo, perteneciente al Cretácico superior y otro superior, detrítico, Terciario, lateralmente conectado con depósitos cuaternarios. Entre ambos se interpone un conjunto arcillolimoso de unos 50 m. de espesor. El nivel estático está situado entre los 30 y 40 m. de profundidad.

Los pozos, con profundidades de 200 - 250 m. supuestamente captaban el acuífero mesozoico, localizado a una profundidad que oscila entre 104 y 144 m. Sin embargo, la interpretación de los resultados puso de manifiesto la conexión de los acuíferos terciariocuaternario y mesozoico, hipótesis posteriormente corroborada tras el reconocimiento de los pozos por métodos geofísicos, térmicos y de televisión.

Los descensos máximos registrados, en los pozos bombeados, oscilaron entre 5,14 y 7,40 m. En el acuífero superior, los efectos se extenderieron a 7 km. aguas abajo en la dirección de flujo, consecuencia de que la mayor parte del agua extraída (unos 800.000 m^3) proviene del citado acuífero.

Los resultados satisfactorios obtenidos, permiten contemplar con optimismo esta posibilidad, pues los acuíferos tienen capacidad de soportar una extracción intensiva, existen recursos suficientes y son favorables las magnitudes de los parámetros hidráulicos. Para soslayar los inconvenientes de la afección a los usuarios, hay posibilidades alternativas para la mejor ubicación de pozos y captar el acuífero mesozoico.

En otra parte de la zona ibérica, en este caso en la unidad hidrogeológica de la Cubeta de Oliete, cabe la posibilidad de una alternativa al embalse de El Batán, de 8 hm^3 de capacidad, situado aguas abajo de los manantiales de Ariño que son la expresión del drenaje natural de un vasto acuífero calcáreo jurásico.

Por su posición geológica (frente cablagante de Keuper), el agua de los manantiales tiene una elevada concentración de sales, circunstancia que previsiblemente se agravaría por efecto de acumulación y evaporación en el previsto embalse.

Inconvenientes adicionales se derivan de las expropiaciones de terrenos; anegación de una extensa superficie de tierras; compensaciones a centrales hidroeléctricas instaladas en ese tramo; impacto ambiental; coste de las obras; etc.

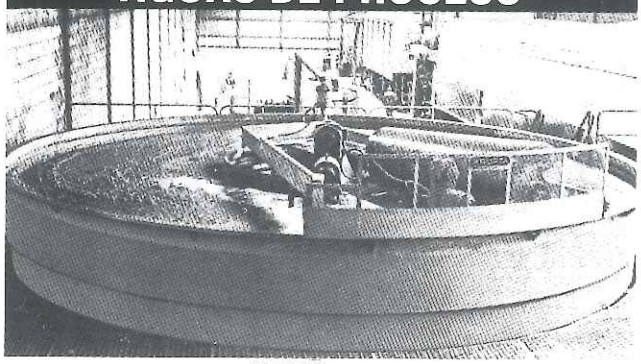
Frente a ellos, los recursos subterráneos del acuífero, captados aguas arriba del área de surgencias, solventan los problemas de calidad del agua y los anteriores inconvenientes.

AGUAS POTABLES

SAF 22 - Diámetro: 6,70 m. Caudal: 190 m.³/h.

SANDFLOAT.- Unidad compacta que incluye: FLOCULACION, FLOTACION y FILTROS de arena. Lavado automático de filtros a contracorriente. Adecuación del caudal tratado al consumo.

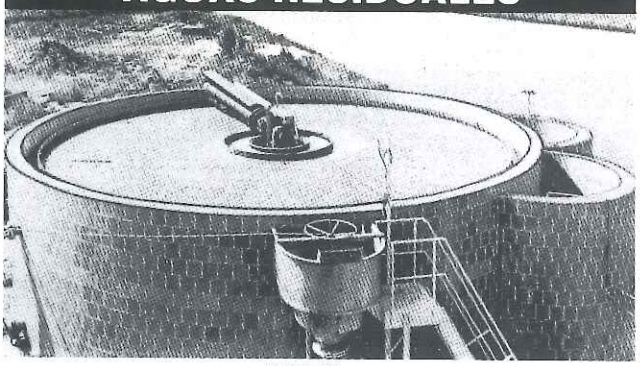
AGUAS DE PROCESO



SPC 22 - Diámetro: 6,70 m. Caudal: 264 m.³/h.

SUPERCELL.- Clarificador por FLOTACION. Ligero y eficaz. Permite reciclado de sólidos y agua. CIERRE DE CIRCUITOS. Extracción automática de posibles decantados.

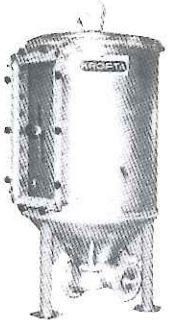
AGUAS RESIDUALES



SDF 36 - Diámetro: 11 m. Caudal: 456 m.³/h.

SEDIFLOAT.- Clarificador de efluentes por FLOTACION-DECANTACION. Extracción separada de flotados y decantados para su reciclado o eliminación. Alta consistencia de flotados.

FRACCIONAMIENTO



SPRF 1000 - Diámetro: 0,90 m. Caudal: 60 m.³/h.

SPRAY-FILTER.- Filtro separador de sólidos gruesos y finos. Autolimpiable.

TOMAMUESTRAS

COMPACTO y también: Neumático, Portátil y para canal Parshall.

KROFTA®

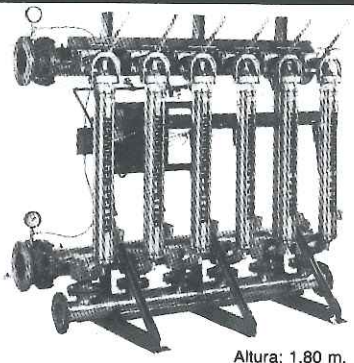
KROFTA IBERICA S.A.

OFICINA CENTRAL
Paseo de Colón, 9 principal D
Tfs. (943) 27 74 11 - 27 73 32
Fax. n.º (943) 27 64 76
Tlx. n.º 36228 CAMIN E. ref. a citar: TECEXSA
20002 - San Sebastián - (Guipúzcoa)

OFICINA BARCELONA
Beethoven, 15, 1.º 1.ª
Tfs. (93) 200 56 33 - 209 03 91
Cable: TECEXSA Tlx. n.º 51770 CEXA - E
08021 - Barcelona

tecexsa/2
tecnoquímica exterior, s.a.

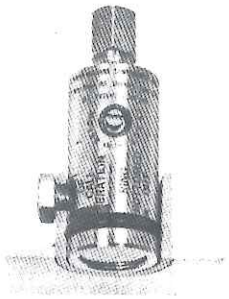
FILTRACION



Altura: 1,80 m.
206 MX - Caudal: 190 m.³/h.

RONNINGEN-PETTER.- Filtros tubulares cerrados. Sencillos o múltiples. Limpieza a contracorriente de mando manual o automático. Desmontaje simple. Amplia gama de elementos filtrantes.

MEDIDA



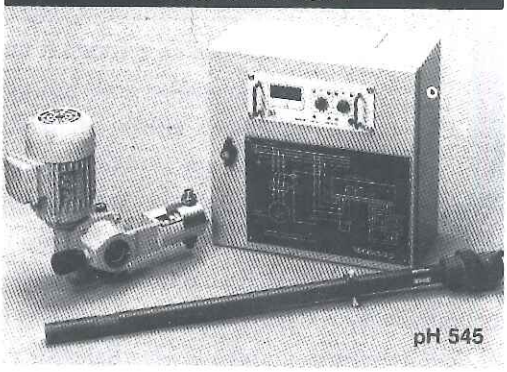
PT - Altura: 5 cm.

TRANSMISORES 1/1

PMC

PT: Presión
LT: Nivel
VT: Vacío

CONTROL

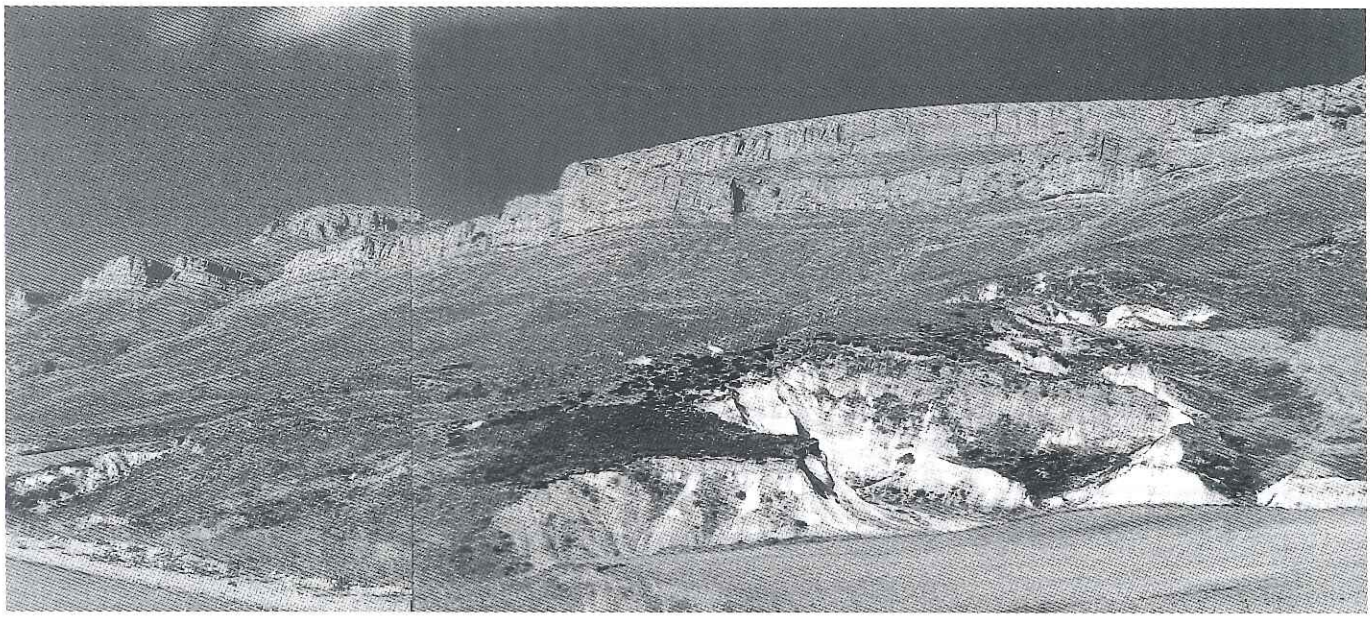


B&C

pH. REDOX
CONDUCTIVIDAD

Las unidades hidrogeológicas en la cuenca del Ebro

• VICTOR M. ARQUED ESQUIA •
Geólogo adscrito a la Oficina de Planificación Hidrológica de la confederación Hidrográfica del Ebro



Borde Meridional de la unidad hidrogeológica. 09. 02. Sedano - La Lora. Acuíferos de Cabecera, margen derecha. Foto: M. Rolandi Sánchez-Solís.

La Ley de Aguas establece el concepto de unidad hidrogeológica referida a uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua e indica que la definición de las unidades hidrogeológicas se realizará en los planes hidrológicos de cuenca. En el caso de la cuenca del Ebro la labor de identificación para su posterior definición comenzó con el estudio de «Delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio peninsular e islas Baleares y síntesis de sus características» redactado por el Servicio Geológico del M.O.P.T. con la colaboración del Instituto Tecnológico Geo-Minero de España. Este documento dio pie a la inclusión de una primera distribución de unidades en la Documentación Básica del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro preparada por la Confederación Hidrográfica. En la figura se muestra el mapa de las citadas unidades hidrogeológicas tal y como aparece en la mencionada Documentación Básica. Respecto al trabajo original del S.G. se realizaron algunas leves modificaciones que en esencia consisten en la introducción de tres nuevas unidades con los números: 40, 50 y 51.

Seguidamente se presenta una relación de estas unidades hidrogeológicas con los recursos estimados al Ebro en hm^3/año para cada una de ellas:

01. Fontibre	22
02. Sedano - La Lora	140
03. Villarcayo	163

04. Montes Obarenes - Sobrón 25
05. Treviño 25
06. Subijana - Nanclares 12
07. Sierra de Cantabria 42
08. Arana 40
09. Aluvial de Vitoria 5
10. Entzia - Montes de Vitoria 134
11. Lóquiz 79
12. Urbasa 142
13. Aralar - Ulzama 120
14. Andía 200
15. Leire 38
16. Larra 103
17. Alto Gállego - Alto Aragón 100
18. Sto. Domingo - Sierra de Guara 121
19. Alto Sobrarbe 18
20. Ordesa - Monte Perdido 160
21. Sierra interiores 700
22. Montsec 65
23. Esera - Oliana 100
24. Glera 31
25. Ebro y afluentes 35
26. Mendavia - Olite - Cortes 135
27. Aluvial del Ebro 337
28. Aluvial del Gállego 104
29. Aluvial del Cinca 31
30. Aluvial del Segre 49
31. Curso bajo y delta del Ebro 221
32. Ezcaray - Pradoluengo 8
33. Ortigosa - Mansilla - Neila 11
34. Jubera - Anguiano 15
35. Fitero - Arnedillo 9
36. Queiles - Jalón 120
37. Detrítico de Alfamén 70
38. Muel- Belchite 10
39. Calatayud - Montalbán 55
40. Cubeta de Oliete 40
41. Portalrubio - Calanda 44
42. Puertos de Beceite 275
43. Sierra de Solorio 180

Cañón por el que discurre Río Ebro entre Pesquera y Escalada, término municipal del Valle de Sedano (Burgos).
Foto: Antonio Sarasa Brosed.

Río Ebro a su paso por el término municipal de «Valle de Manzanedo», en las proximidades de Ríoseco (Burgos). Foto: Manuel Rolandi Sánchez-Solís.

44. Piedra - Gallocanta	45
45. Cella - Molina de Aragón	45
46. Valle del Jiloca	105
47. Lidón - Palomera	35
48. Moncayo - Soria	12
49. Alhama - Gómara	
50. Bajo Aragón	
51. Cardó - Perelló - Vandellós	47

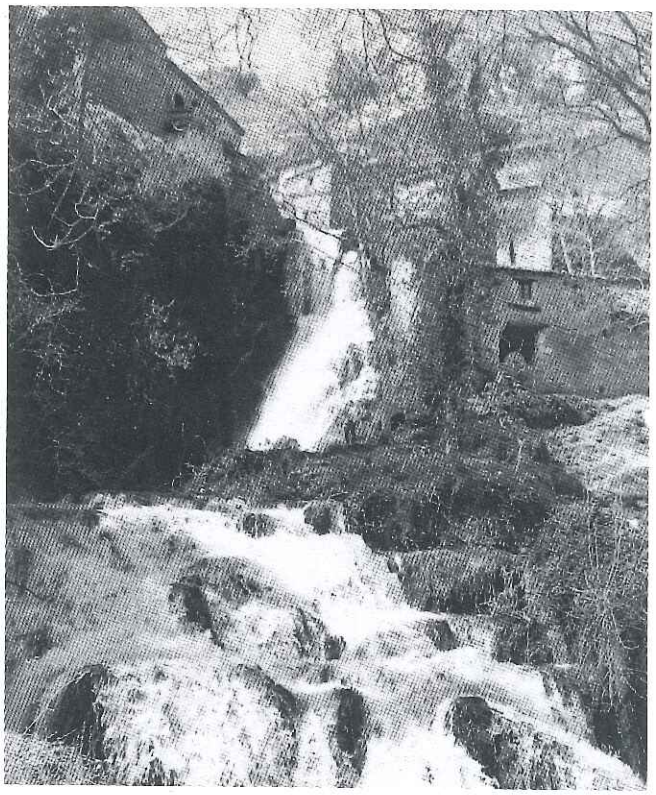
Las características geométricas, litológicas e hidrogeológicas de las unidades en un ámbito, tan extenso geográficamente y tan variado geológicamente, como lo es el de la cuenca del Ebro da lugar a una variada tipología de acuíferos que en un intento de sistematización pueden agruparse en:

a) **Acuíferos aluviales:** Libres o ligeramente confinados, con litología detrítica y porosidad intergranular, generalmente relacionados con un cauce superficial de importancia. Puede servir de ejemplo el aluvial de Ebro, repartido entre las unidades hidrogeológicas 26, 27 y 31, o el aluvial del río Glera en la unidad 24.

b) **Acuíferos de piedemonte:** Libre o ligeramente confinados, a veces colgados, con litología detrítica y porosidad intergranular, anejos a un relieve montañoso relevante y habitualmente sin relación con cauces superficiales importantes. Como ejemplo puede citarse la Plana de la Galera en la unidad hidrogeológica 31, el cuaternario de Alfamén en la 37 o los «sasos» de Cinco Villas no incluídos en unidad hidrogeológica alguna.

c) **Acuíferos en abanicos aluviales:** Consisten en un conjunto acuitardo que intercala niveles acuíferos semiconfinados. Litología detrítica y porosidad intergranular. No presentan relación con cauces superficiales importantes.

Manantial de Orbaneja del Castillo (Burgos).
Foto: Oscar Blasco Herguedas.

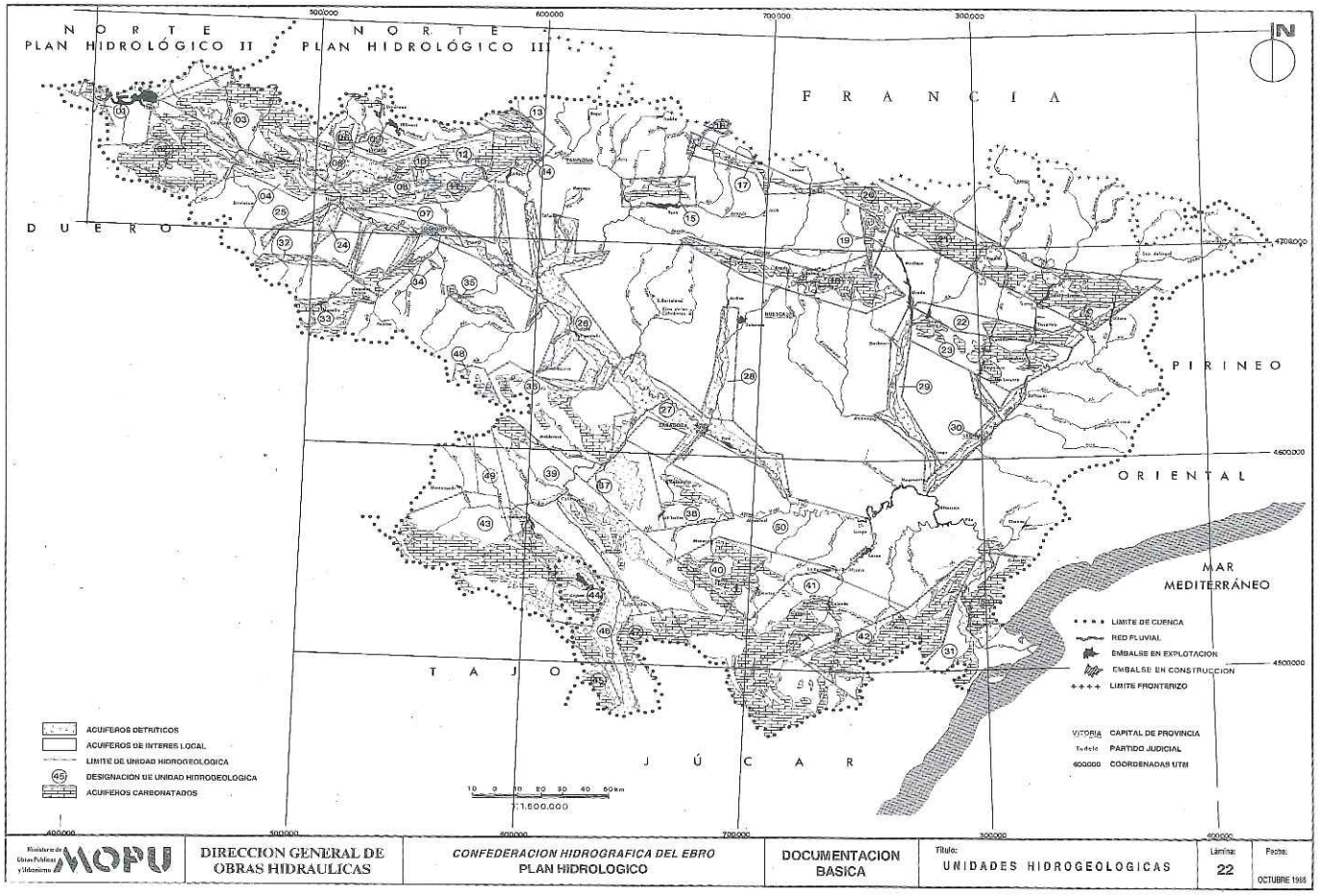


Ejemplo de este tipo es el detrítico de Alfamén, bajo en piedemonte cuaternario, en la unidad hidrogeológica 37.

d) **Acuíferos en grandes muelas estructurales:** Libres o ligeramente confinados, con litología carbonatada y porosidad por karstificación y diaclasado. Habitualmente son drenados por cauces superficiales. Como ejemplos cabe citar la unidad hidrogeológica Cella - Molina de Aragón (nº 45) que da lugar al nacimiento del Jiloca en la fuente de Cella, las unidades navarras como Urbasa (nº 12) o las grandes parameras del Sedano y la Lora (nº 02).

e) **Acuíferos regionales:** Se encuentran confinados o muy confinados, litología carbonatada, porosidad por karstificación y dispuestos en relación local con cauces superficiales. Ejemplos pueden ser las unidades Queiles - Jalón (nº 36) o Montsec (nº 22).

Esta diversidad, unida a su distinto tipo de relación con



Distribución de Unidades Hidrogeológicas. Plan Hidrológico. C. H. E.

Fuente del Prado. Aluvial del Glera. Unidad hidrogeológica. 09. 24.
Foto: Manuel Rolandi Sánchez-Solís.

los cauces superficiales y a su gran variedad de dimensiones, hace que el encajamiento de las unidades hidrogeológicas, entendidas como unidades de gestión, sea sumamente problemático. Por otra parte la evaluación de sus recursos y su adecuada consideración en el marco de los sistemas de aprovechamiento se ve dificultada por la no coincidencia de las unidades con las divisorias hidrográficas, que en buena parte de las ocasiones, dan lugar al establecimiento de los sistemas de explotación.

Parece necesario recordar la unidad del ciclo hidrológico, y que cuando se habla de aguas subterráneas o aguas superficiales se está hablando de la misma agua que en ocasiones puede tomar caminos diferentes. El camino superficial lo constituyen las redes de drenaje (ríos, barrancos,...) y las infraestructuras de transporte (canales, acequias, conducciones) que pueden identificarse con una cartografía; el camino subterráneo lo constituyen los acuíferos y su estudio es mucho más difícil.

Del estudio de los acuíferos se obtiene información fundamental para el conocimiento hidrológico de una cuenca, ya sea en lo referente a su evaluación de recursos, a su capacidad de regulación, a sus caudales de base o a la calidad química de sus aguas. Como ejemplo en el marco de la cuenca del Ebro puede hablarse de la unidad hidrogeológica número 40 (Cubeta de Oliete) que, englobando parte de las subcuencas de los ríos Aguas Vivas y Martín, facilita el trasvase de aportaciones desde el primero al segundo por un camino subterráneo. No cabe duda de que si de un canal superficial se tratase la entidad de transferencia de recurso hubiese dado lugar a la unificación de las dos subcuencas en un solo sistema de explotación y que el trasvase de una a otra sería cuidadosamente controlado.

Todo ello pone de manifiesto la importancia del estudio de las unidades hidrogeológicas de la cuenca del Ebro en el contexto hidrológico en que están situadas, llevando incluso a su reconsideración como elementos con posibilidad de ser regulados y que condicionan el balance de los sistemas hídricos.

Los Planes Hidrológicos aparecen como el marco idóneo para la articulación de las unidades hidrogeológicas dentro de la realidad hidrológica general y como quiera que hoy por hoy son los elementos más desconocidos es de entender que su estudio sea el que mayor beneficio reporte cara al conocimiento hidrológico general.

Si no está satisfecho con su equipo Xerox, se lo cambiamos.
Hasta ahora nadie se había atrevido a tanto.
Sólo Rank Xerox ofrece una garantía de 3 años en todos sus equipos. Así de seguros estamos de nuestros productos. Y así de fuerte es nuestro compromiso con los clientes. Sólo Rank Xerox podía poner el listón tan alto. Desde ahora, cuando usted compre un equipo Xerox, tendrá la seguridad de un equipo perfecto. Garantizado.
ACREDITADO CON CERTIFICADO DE GARANTIA.

Proveedor Oficial de Ofimática

Socio Colaborador de sistemas de edición

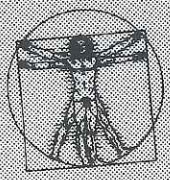
Sí desea recibir más información, rellene y envíe el cupón adjunto por correo o fax (91/585 32 75) o llame gratuítamente al **900 - 11 00 11**

Nombre y Apellidos _____
Empresa _____
Cargo _____
Dirección _____ Ciudad _____
Teléfono _____ Fax _____

Rank Xerox Española, S. A. Dpto. de Marketing.
c/ Josefa Valcárcel, 26. 28027 Madrid.

AÑO II
Nº 442
Sped. abbon. postale
ia F. 10; Germania D.M.
0; Spagna Pts 190; Svez
r year. Second class po

XEROXNEWS



Diario informativo del mundo de la ofimática

XEROX ANUNCIA EL FUTURO PERFECTO

RANK XEROX, cada vez más servicio.

RANK XEROX

3 AÑOS 3

GARANTIA XEROX

Aforo de dos pozos en el Alto Jiloca.

Actuaciones hidrogeológicas del servicio geológico enla cuenca del Ebro

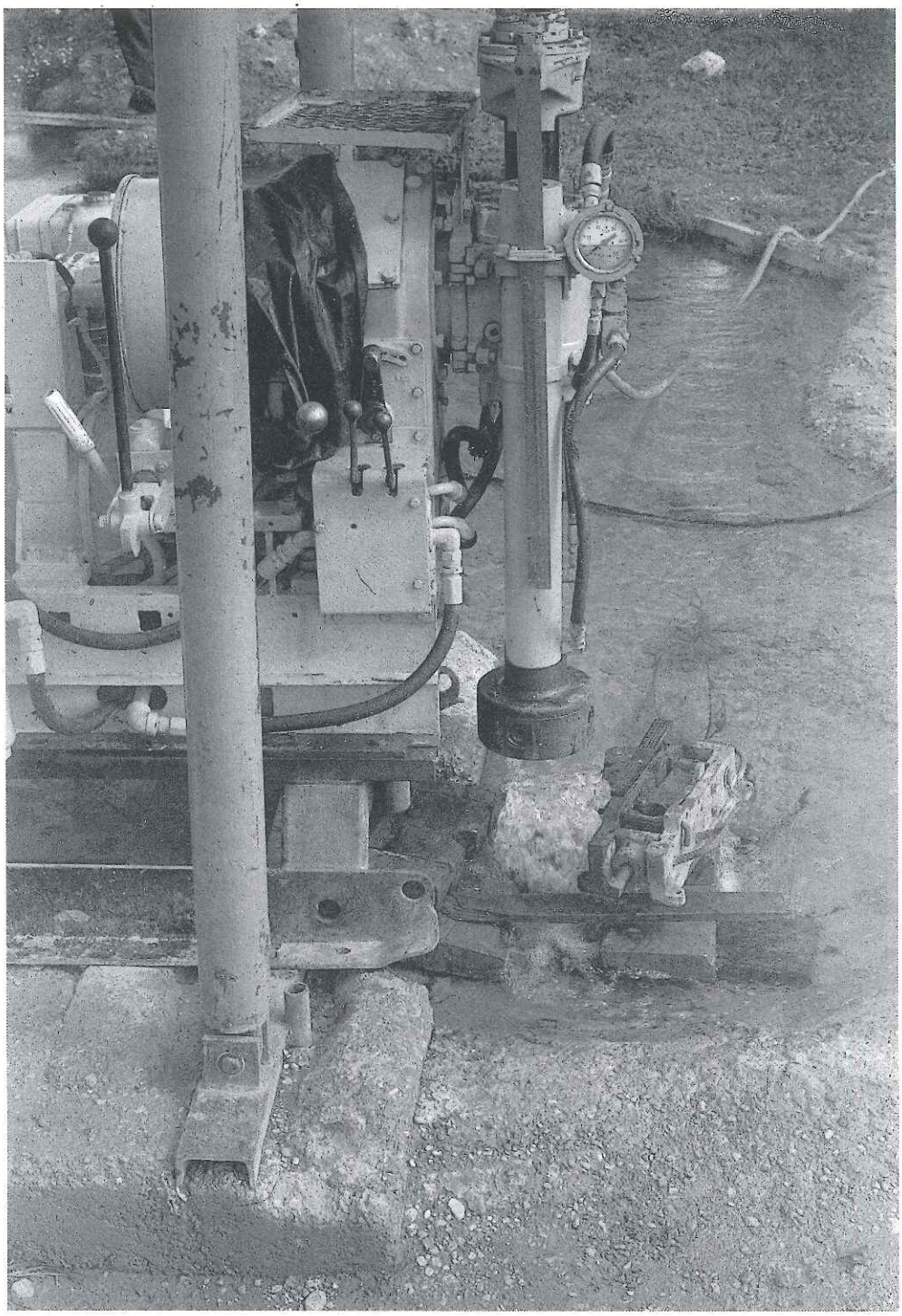
• FERNANDO OCTAVIO •
DE TOLEDO UBIETO
Servicio Geológico.
Dirección General de Obras Hidráulicas

La cuenca del Ebro, con una superficie total de 85.550 km², es la mayor del Estado, abarcando un 17 por 100 del territorio español. Dentro de ella se inscriben 9 Comunidades Autónomas y 18 provincias, con cerca de 750.000 habitantes. Los recursos naturales son del orden de 20.000 hm³/año, lo que supone aproximadamente el 19 por 100 del total de España.

Estas cifras permiten obtener una idea acerca de la importancia de la cuenca del Ebro, hecho refrendado cuando allá por el año 1926, simultáneamente a la aprobación

del Real Decreto Ley de 5 de marzo que disponía la formación de las Confederaciones Hidrográficas, se publicó otro Real Decreto creando la Confederación Hidrográfica del Ebro, cronológicamente la primera, por entender que «no podría tener ciertamente origen de actuación más brillante, modelo de aplicación más útil e instructivo, producir beneficios más directos, rápidos y de profunda trascendencia en su valor económico, social y político que aplicándolo a la cuenca del Ebro.»

Pese al contexto descrito, la explotación de agua subterránea en la cuenca ha sido tradicionalmente muy reducida, teniendo escasa importancia frente a los sistemas de suministro clásicos. Baste decir que, de acuerdo con los datos obtenidos en el «Estudio de delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio peninsular e Islas Baleares», realizado durante los años 1987 y 1988 por el Servicio Geológico de Obras Públicas con la colaboración del entonces Instituto Geológico y Minero de España, la extracción de aguas subterráneas en la cuenca se cifraba en 209 hm^3/año, es decir, aproximadamente el 7 por 100 de los 2.923 hm^3/año que se estimaban como recursos brutos totales.



Sondeo surgente en Torrijo del Campo (Teruel).

En principio, el uso de aguas subterráneas se debió exclusivamente a la iniciativa privada, que comprobó que el utilizar el subsuelo en determinadas zonas como fuente de suministro le permitía satisfacer sus necesidades en el lugar requerido, en un breve espacio de tiempo y a un coste que, en la mayor parte de los casos, era inferior al de cualquier otra solución, pudiendo adecuarse mejor a la demanda tanto en caudales como en plazos de entrada en servicio.

Ante esta situación la Administración no podía quedar indiferente y así, en el año 1970, el Servicio Geológico de Obras Públicas llevó a cabo el primer estudio hidrogeológico de carácter regional que afectó a la cuenca del río Huecha.

A partir de allí fueron múltiples las actuaciones realizadas, encaminadas fundamentalmente a cubrir los abastecimientos de poblaciones y polígonos industriales, sin olvidar

Pozo surgente en Arteta (Navarra).

los estudios regionales de más amplias perspectivas, tales como el «Estudio hidrogeológico de las terrazas de los ríos Ebro y Gállego en la zona de influencia de Zaragoza (1976)», «Estudio de las posibilidades de utilización conjunta de los embalses superficiales y subterráneos de la cuenca del Ebro. Margen-derecha y cabecera (1983)», «Estudio de las posibilidades de utilización conjunta de los embalses superficiales y subterráneos de la cuenca del Ebro. Margen izquierda (1983)», «Estudio hidrogeológico del Baix Priorat (1984)», «Estudio de las aportaciones subterráneas del río Araviana al río Queiles (1984)», «Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Nájima (1984), Estudio hidrogeológico del karst de la cara occidental del Moncayo (1985)», «Estudio hidrogeológico sobre las posibilidades de las aguas subterráneas para la puesta en regadío de la comarca de Miranda de Ebro (1986).»

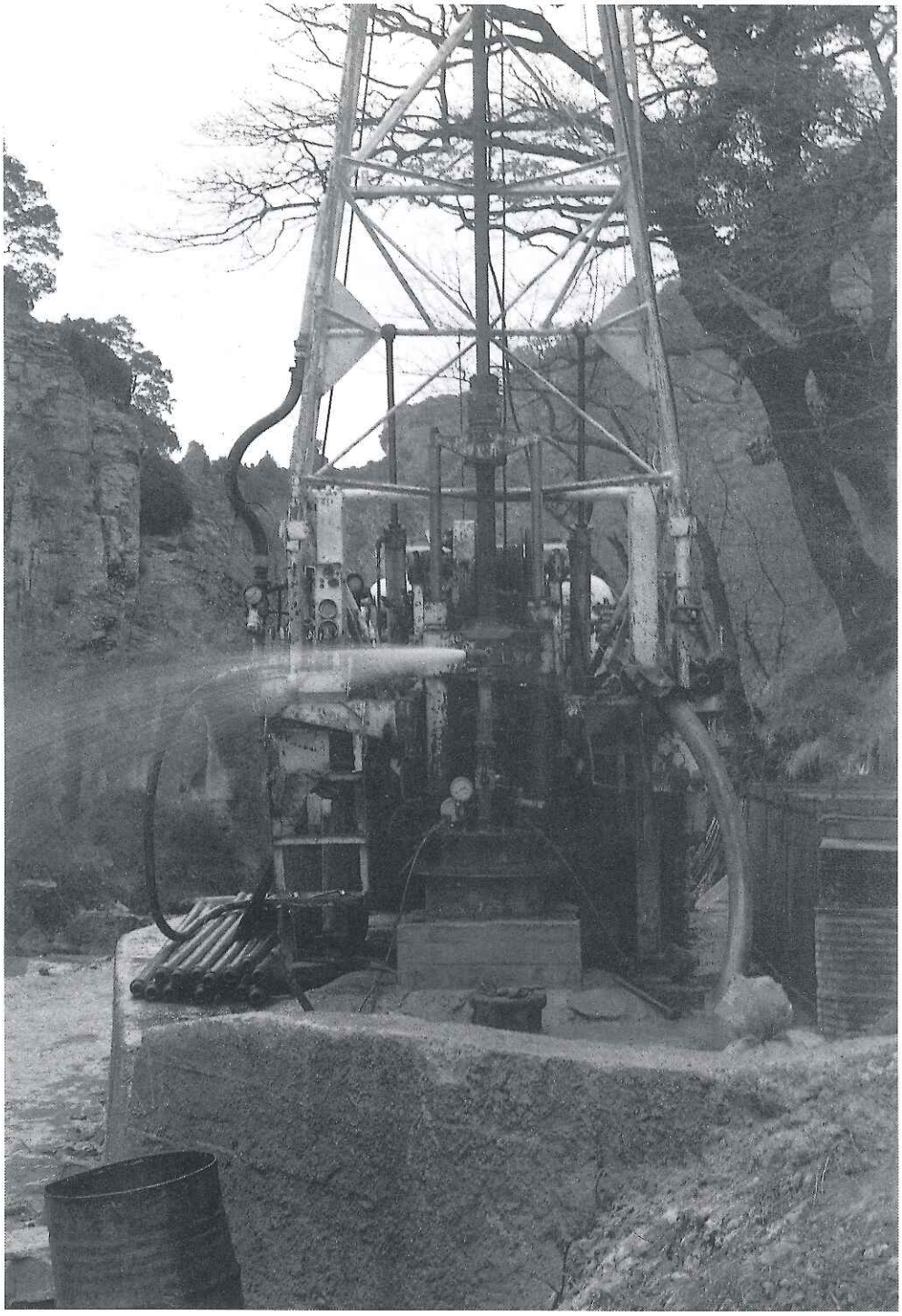
De forma simultánea se colaboraba de manera activa con diversas Comunidades Autónomas y Diputaciones Provinciales, con el fin asesorar y cooperar con sus servicios técnicos en aquellos trabajos relacionados con la investigación y explotación de aguas subterráneas. Fruto de esta colaboración fue la resolución de un buen número de problemas concretos de abastecimientos y regadíos y el estudio de una serie de problemas de indudable interés hidrogeológico. En este aspecto cabría destacar el de regulación del manantial de Arteta con destino al abastecimiento de Pamplona, en cuya Comisión de Seguimiento se intervino por invitación expresa del Gobierno de Navarra y sobre el que posteriormente se realizó un modelo digital de funcionamiento.

Con la promulgación de la Ley de Aguas de 2 de agosto de 1985 y, muy especialmente, de los Reales Decretos de 11 de abril de 1986 y 29 de julio de 1988 que aprobaban el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que la desarrolla, la línea de actuación del Servicio Geológico se orientó hacia una cada vez más estrecha colaboración con la Confedera-

ción Hidrográfica y, en particular, con su Oficina de Planificación Hidrológica.

Esta orientación quedó sancionada por el Real Decreto 1316/1991 de 2 de agosto, de reestructuración de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente, según la cual la Subdirección General del Servicio Geológico asume las funciones de: «Realización de estudios, proyectos y obras de explotación, y el control y conservación de los acuíferos de competencia estatal. Coordinación de las actuaciones en materia de aguas subterráneas con otros organismos del Departamento de la Administración del Estado y de las Comunidades Autónomas. Elaboración de propuestas y directrices sobre la materia y participación en los Planes Hidrológicos de Cuenca y Plan Hidrológico Nacional en lo relacionado con las aguas subterráneas.»

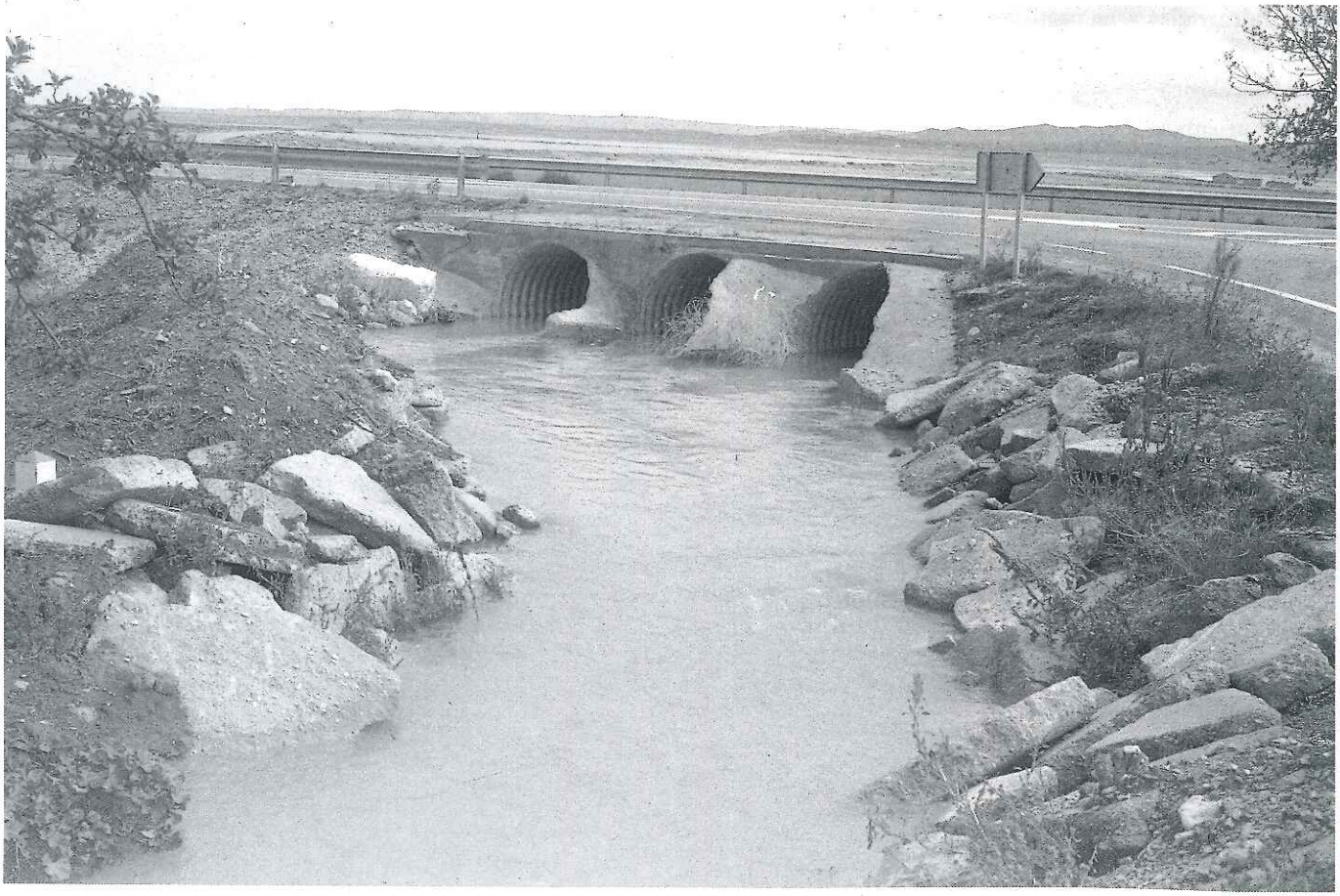
En la etapa que va desde 1985 a la actualidad, las actuaciones llevadas a cabo de forma coordinada con la Confederación Hidrográfica del Ebro, han sido y están siendo muchas y variadas.



Acidificación de un pozo en Arteta (Navarra).

Como punto de partida cabe citar la realización de estudios de recursos hidráulicos subterráneos y utilización conjunta de carácter provincial y regional, cual es el caso de Zaragoza —capital natural de la cuenca— Soria y La Rioja, en los que, de forma exhaustiva y pormenorizada se determinan las cifras de usos y demandas de agua, los valores del recurso subterráneo utilizable, el inventario de los puntos de extracción, los mecanismos de funcionamiento de los distintos acuíferos comprendidos en cada territorio, las relaciones entre las aguas subterráneas y los cauces superficiales y las recomendaciones para un correcto aprovechamiento del recurso. En todos ellos se estableció una red de control piezométrico y de calidad para su explotación por parte del Organismo de Cuenca.

Una vez definidas las Unidades Hidrogeológicas de la cuenca en el trabajo citado al comienzo de este artículo, se



Aforo de cuatro pozos en el Alto Jiloca. Caudal conjunto 1000 l/s.

abordó su estudio detallado con el fin de conocer en profundidad sus características, disponibilidades y funcionamiento, orientándose en muchos de los casos a resolución de problemas concretos o planteamiento de alternativas de utilización.

Así, en la Unidad nº 46 (Alto Jiloca) se emprendió una serie de trabajos que, al tiempo que han permitido obtener un afinado conocimiento de la misma, han contribuido a evaluar el papel que puede desempeñar el acuífero dentro del sistema de uso conjunto con la regulación superficial de los ríos Jiloca o Pancrudo. El estudio abarcó la perforación de varios sondeos de reconocimiento y piezométricos y campaña de geofísica, culminando con un ensayo de bombeo conjunto de cuatro pozos perforados por el Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario, que suministró un caudal total de 1.000 l/s. durante diez días ininterrumpidos.

En la unidad nº 28 (Bajo Gállego) se realizaron diversas campañas de geofísica, con aplicación de distintas metodologías, lo que permitió determinar con exactitud la forma y disposición de la cubeta rellena por los materiales aluviales. La perforación y ensayo de bombeo de pozos experimentales proporcionó datos concretos acerca de los parámetros hidrogeológicos y el estudio hidroquímico de sus aguas dio como resultado el conocimiento de la evolución de la salinidad dentro del acuífero.

En las Unidades nº 26 (Mendavia-Olite-Cortes) y 27 (Aluviales del Ebro) se ha definido mediante trabajos de geofísica la geometría del acuífero aluvial desde el río Iregua hasta Gelsa de Ebro, habiéndose iniciado la construcción de cinco pozos experimentales, siguiendo la traza del Canal Imperial de Aragón, que permitirán, en el caso de ser requerido, complementar las disponibilidades del abastecimiento a Zaragoza mediante la aportación de aguas subterráneas.

La Unidad nº 18 (Sierra de Guara) ha sido objeto de un estudio hidrogeológico de su borde meridional, complementado con trabajos de geofísica y sondeos de reconocimiento. Este estudio se completará con la perforación de pozos experimentales en el entorno de las surgencias más significativas, empezándose por la correspondiente al manantial de San Julián de Banzo utilizado para el abastecimiento de Huesca.

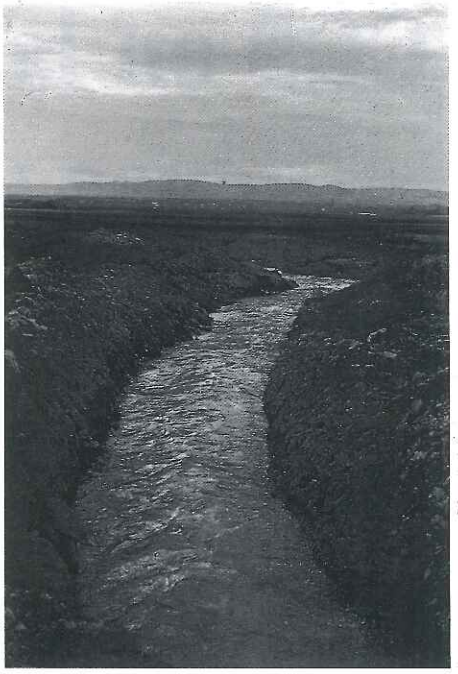
El Valle de Ocón, que se encuentra situado dentro de la Unidad nº 34 (Jubera-Anguiano), es una zona potencialmente productiva por la calidad de sus tierras, pero de gran escasez de agua. Con objeto de conseguir los recursos hídricos necesarios para su desarrollo, se están construyendo pozos experimentales al tiempo que se realizan aforos que informen sobre la relación entre el río Jubera y las calizas existentes en la cabecera de la cuenca.

La Sierra de Solorio da nombre a la Unidad Hidrogeológica nº 43, cuyo interés radica en que puede conectar recursos subterráneos de las cuencas del Ebro, Tajo y Duero. Con objeto de evaluar las posibilidades de explotación de esta unidad se están realizando pozos profundos de gran diámetro que permitirán, asimismo, el conocimiento de los parámetros hidrogeológicos y completar el modelo de funcionamiento.

Dentro de la Unidad nº 32 (Ezcaray-Pradoluengo) se realizó un estudio de uso conjunto en las cuencas de los ríos Tirón y Glera, de cuyas conclusiones se dedujo la posibilidad de aportar recursos de las calizas de cabecera a la cuenca media del Tirón, tema en el que se está trabajando en la actualidad. Por otra parte, también se ha investigado la potencialidad de las formaciones calcáreas existentes en la parte baja de la cuenca (Montes Obarenes) con el fin de resolver problemas puntuales.

En el propio territorio de La Rioja, se está actuando sobre las formaciones detríticas con el fin de tratar de resolver problemas endémicos de escasez de agua en poblaciones asentadas en este tipo de terreno pues, aunque la productividad de los depósitos terciarios suele ser escasa, puede ser suficiente para resolver casos puntuales sin necesidad de costosas infraestructuras.

Continuando con esta filosofía encaminada a profundizar en el conocimiento de las Unidades Hidrogeológicas, se están emprendiendo estudios tales como el de la Sierra de Arcos, en la nº 40 (Cubeta de Oliete), para conocer las posibilidades de abordar la regulación del acuífero que descarga en Los Baños de Ariño, como alternativa o complemento a la regulación del río Martín con el embalse del Batán; en la nº 45 (Cella-Molina) se ha planteado el interés de determinar con exactitud la divisoria hidrogeológica entre las cuencas de los ríos Ebro, Júcar y Tajo, lo que permitirá definir el área de recarga de la fuente de Cella, manantial del que depende una importante comarca; en la nº 35 (Fitero-Arnedillo) se están evaluando los recursos de la estructura cabalgante situada al norte de la Unidad, que domina una zona de elevada demanda potencial; en la nº 24 (Aluvial del Glera) se va a estudiar el impacto que sobre la limitación de recarga al acuífero puede suponer la construcción del embalse de Posadas, en la cabecera del Oja, abordándose una nueva simulación del modelo matemático ya desarrollado por el Servicio Geológico; la Unidad nº 51 (Cardó-Vandellós) va a ser objeto de un estudio concreto que supondrá una notable mejora en el conocimiento hidrogeológico del Bajo Ebro; finalmente, en la nº 36 (Queiles-Jalón), se va a abordar el estudio específico de zona acuífera del sinclinal de Calcena, que puede suponer un apoyo importante para la regulación del río Isuela junto al embalse de Trasobares.



Aforo en el alto Jiloca. Caudal Conjunto 1000 l/s.

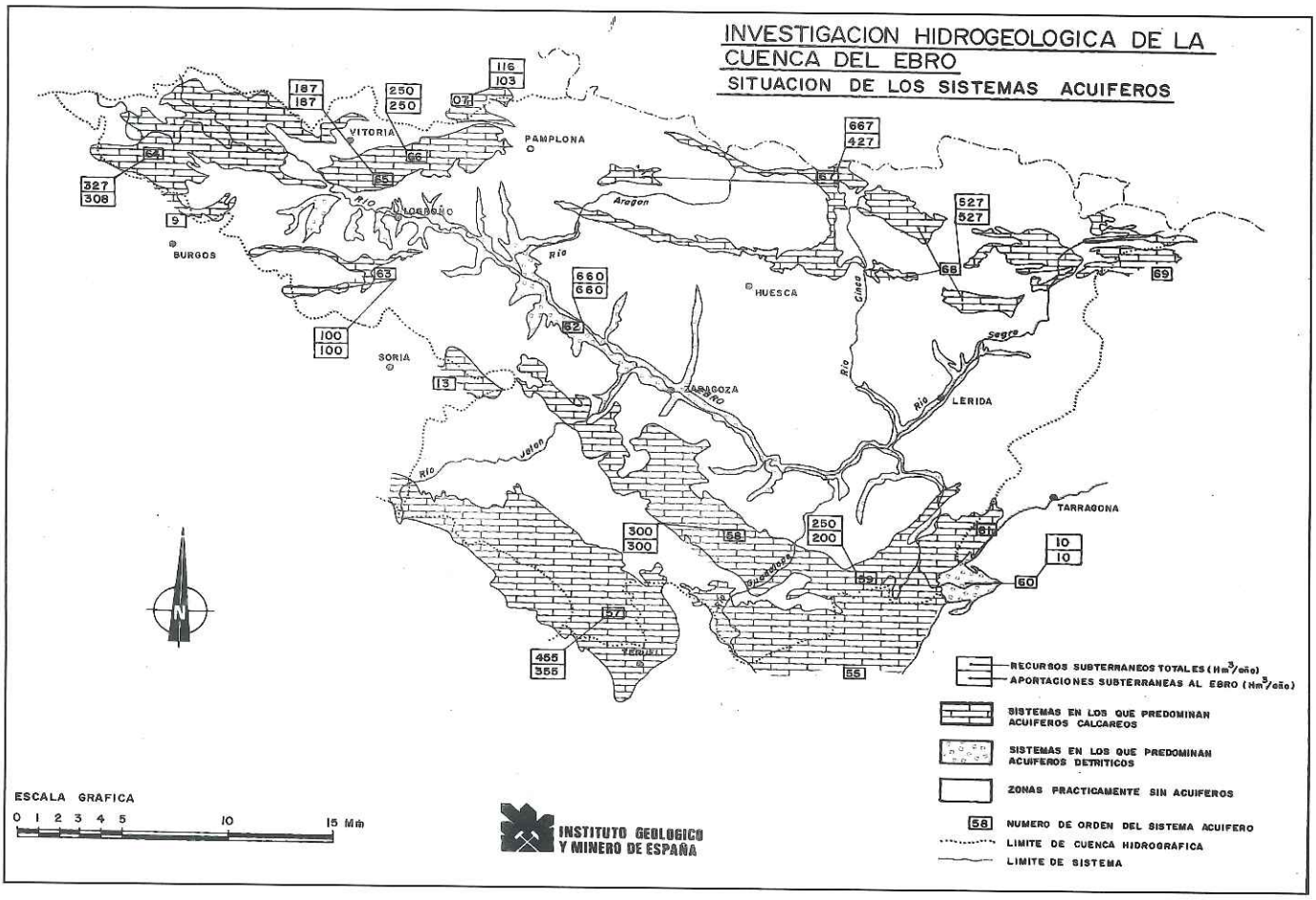
A todo esto habría que añadir los estudios geofísicos orientados a determinar la disposición de los materiales permeables en profundidad, tales como los del flanco meridional del anticlinal de Belchite, los paleorrelieves del Bajo Aragón, el flanco occidental de los Puertos de Beceite o la Plana de la Galera, la construcción de sondeos de investigación y piezométricos, la nivelación topográfica de puntos de la red de control y la resolución de problemas concretos de abastecimiento.

Estas son, en síntesis, las actuaciones del Servicio Geológico en la Cuenca del Ebro. El territorio es amplio y el trabajo continua. Como ya quedó dicho al principio de este artículo, el volumen de agua subterránea utilizada no alcanza el 10 por 100 del recurso, lo que permite afirmar que se puede incrementar sustancialmente la explotación de las Unidades Acuíferas en determinadas zonas.

Esta explotación debe hacerse de manera coordinada con la de los recursos superficiales a través del Organismo de Cuenca, de forma que, mediante una racional utilización conjunta de ambas fuentes de suministro, se puedan incrementar las disponibilidades de agua de todo el territorio.

CGS en la investigación de las aguas subterráneas de la cuenca del Ebro

• SEGISMUNDO NIÑEROLA PLA (C.G.S.) •



La Compañía General de Sondeos (CGS) es una empresa del Grupo CEPSA, con más de 25 años de dedicación en la consultoría de las Ciencias de la Tierra, aplicada al estudio de los recursos hidráulicos, geología infraestrutural, protección del medio ambiente y recursos minerales.

La actividad más importante de CGS es la realización de estudios y proyectos. En total se han efectuado más de 2000, de los que aproximadamente la mitad corresponden a temas de aguas subterráneas.

En este campo y en los últimos años, a los problemas tradicionales para satisfacer demandas, se han unido los que son consecuencia de la exigencia de calidad y de protección del medio ambiente.

Por otra parte, la investigación tradicional de acuíferos, en medios permeables, se complementa con la que se realiza en medios de baja permeabilidad y en zonas no saturadas.

CGS está desde su origen vinculada a la Cuenca del Ebro. Cuando la empresa fue constituída, ésta estableció su domicilio en la ciudad de Vitoria, en donde ha mantenido oficina desde entonces. Posteriormente ha implantado oficinas de proyectos, durante bastantes años, en las ciudades de Pamplona y Zaragoza. En la actualidad, los trabajos que se realizan en la cuenca, se concentran en las oficinas de Madrid, Tarragona y País Vasco.

Los estudios en los que CGS ha intervenido, que comprenden la totalidad de la Cuenca del Ebro, desde la cabecera hasta desembocadura, han sido realizados para Organismos de las Administraciones Públicas, Central y Local, y Empresas.

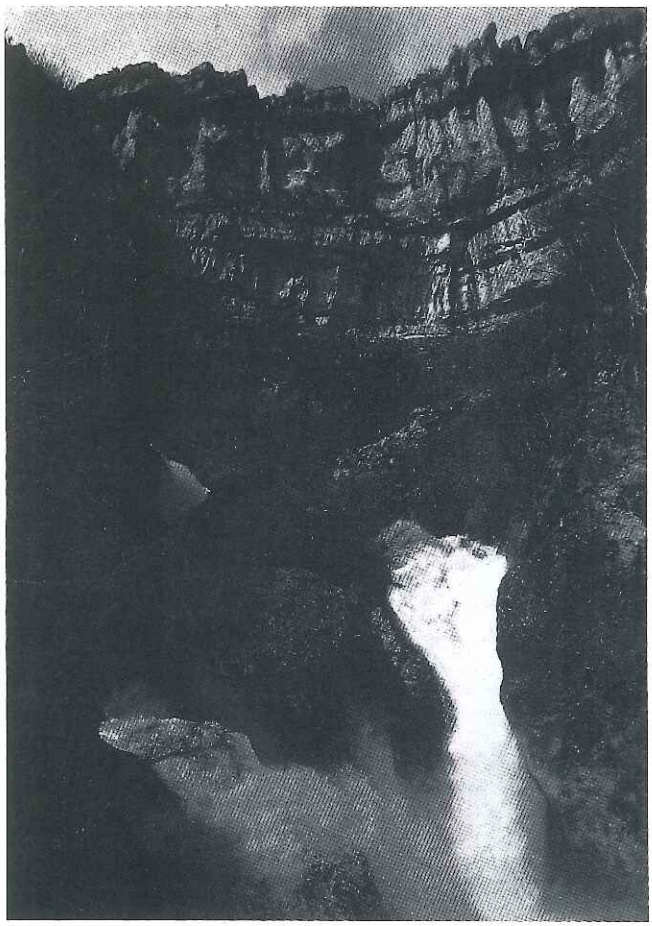
Entre los primeros, se ha colaborado con las Diputaciones Forales de Alava, Navarra y Burgos, con los Gobiernos Autónomos de La Rioja, Navarra, País Vasco y Aragón, con los Ministerios de Industria, (Instituto Tecnológico GeoMinero de España) y de Obras Públicas y Transportes, (Confederación Hidrográfica del Ebro y Servicio Geológico).

CGS es la empresa consultora que más años lleva investigando en esta cuenca para el ITGE. Ya desde el principio de la década de los 70, se trabajaba dentro del marco del «Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS)», el cual permitió dotar a grandes zonas del territorio del Estado de la infraestructura hidrogeológica necesaria para conseguir un mejor conocimiento de los recursos hídricos subterráneos, y posibilitar su integración en la Planificación Hidrológica. En muchos de los trabajos que se incluyen a continuación ha colaborado también las diputaciones de Alava y Burgos y los Gobiernos del País Vasco y Rioja.

En este marco, y en colaboración, con otra empresa se realizó el mapa hidrogeológico a escala 1:100.000 de la cabecera mesozóica y terciaria, dentro de las provincias de Santander y Burgos, diferenciándose una serie de Unidades Hidrogeológicas. También se participó en los estudios de los acuíferos del Cretácico de La Lora y Sinclinal de Villarcayo.

En el País Vasco y Condado de Treviño, en el mismo marco del PIAS, se diferenciaron un total de 18 Unidades Hidrogeológicas, de las que 10 pertenecen a la Cuenca del Ebro. En este trabajo, se realizó una primera valoración de los recursos subterráneos, procediéndose a continuación al estudio más profundo de aquellas unidades de mayor interés: Urbasa, Sierra de Cantabria, Terciario Continental de Treviño, Subijana, Cuaternario de Vitoria, y parcialmente el Anticlinorio Vizcaíno (Unidades de Udala - Aitzgorri).

De todas ellas, merece resaltarse el estudio de la Unidad Hidrogeológica de la Sierra de Cantabria, la de mayor complejidad dentro del País Vasco. En este caso, las principales



Manantial de Urederra (Sierra de Urbasa).

surgencias y obra de captación se encontraban situadas en la vertiente septentrional de la sierra. A raíz del estudio más detallado, se llevó a cabo la realización de un sondeo de explotación en la vertiente meridional, denominado Peña Parda-3, quien por sí sólo ha solucionado la demanda de agua de toda la Rioja Alavesa, con extracciones que han oscilado alrededor de los 3.000 m^3/día, evolucionando el nivel desde la profundidad de 14 m, hasta los 95 m en el estiaje prolongado del País Vasco dentro del período 1989-1990. También en esta unidad se ha iniciado un ensayo de regulación del manantial de Bernedo, principal surgencia natural de la Unidad, llevándose al mismo tiempo a cabo el control anual piezométrico y de explotación.

Otro aspecto destacable es la puesta en ejecución del estudio hidrogeológico de la Unidad del Terciario Continental de Treviño, que servirá de base para la elaboración de un proyecto modelo, pluridisciplinar, dentro de una cuenca terciaria. La primera fase se ha desarrollado con la cartografía geológica a escala 1:25.000, con diferenciación detallada de

Sondeo surgente en la Sierra de Andía después de grandes lluvias.

unidades tecto-sedimentarias, pionera en estudios hidrogeológicos llevados a cabo hasta ahora en el Estado Español, complementándose con un conjunto de técnicas hidrogeológicas clásicas, a las que se incorporarán sucesivamente otras más avanzadas, no exclusivamente destinadas a la investigación de aguas subterráneas, sino también a otras especialidades (minería, medio ambiente, etc.).

Aguas abajo, CGS ha participado desde su inicio en los estudios que el ITGE ha realizado en la margen izquierda, del río y en su desembocadura especialmente en el Aluvial del Ebro y afluentes. Este acuífero, después de un primer estudio infraestructural, se integró dentro de los programas para la «Vigilancia y control de acuíferos», en prevención de posibles problemas que se presentasen en el mismo.

Fruto de todos los estudios han sido numerosos informes, publicaciones, asesoramientos, proyectos, etc. que en ocasiones ha servido para captar aguas en zonas muy concretas para abastecimiento de zonas industriales (por ejemplo, en Figueruelas, donde más tarde se instaló la General Motors), para abastecimientos urbanos (más de 100) e incluso para intevenir de manera eficaz, cuando las condiciones hidrogeológicas lo han permitido, para atender necesidades perentorias, por ejemplo en períodos de fuertes sequías, en «alertas rojas». También aprovechando los conocimientos adquiridos se realizaron publicaciones, comunicaciones a congresos y simposios, etc.

Los estudios hidrogeológicos en Navarra se realizaron después de finalizar la investigación geológica infraestructural, a escala 1:25.000. La exploración de aguas subterráneas se estructuró en un planteamiento que fue considerado modélico, en tres fases: las dos primeras infraestructurales y la tercera de desarrollo.

En la 1ª Fase (1975-1977), que se aplicó a toda la Comunidad, se identificaron los acuíferos, se definieron sus características generales, estimándose sus recursos y reservas, y determinándose la calidad química en general de las aguas.

En la 2ª Fase (1979-1983), se profundizó en el conocimiento de aquellos acuíferos que se consideraron más interesantes por su proximidad a zonas de demandas o por la importancia de sus recursos. En concreto, los acuíferos considerados fueron los carbonatados del Oeste de Pamplona y del Aluvial del Ebro y afluentes.

Tanto durante la realización de la primera como de la segunda fase, la investigación hidrogeológica se complementó con un programa de vigilancia y control de los acuíferos más importantes, establecido a medida que los conocimientos que se adquirían lo iban permitiendo.

La 3ª fase tuvo por objeto el estudio de la viabilidad de explotación de determinados acuíferos cuyas aguas tenían una aplicación para satisfacer demandas ya existentes. Los trabajos de esta fase se aplicaron sucesivamente a distintos acuíferos, acometiéndose gradualmente, de manera que la continuación del estudio estaba siempre en función de los resultados que se iban obteniendo.

El Gobierno de Navarra ha realizado investigaciones en una tercera fase, en algunos acuíferos o zonas de los mismos. CGS ha colaborado en los estudios de viabilidad de regulación del manantial de Arteta, Sierra de Lóquiz y de una área de la zona sur.

El manantial de Arteta, tiene caudales medios y mínimos de 3 y 0.35 m^3/s respectivamente. Con el estudio realizado se ha puesto de manifiesto que el aprovechamiento de un caudal medio de unos 700 l/s, en un año medio, requerirá solamente el bombeo de los 4 pozos realizados, durante unos 80 días. En estos días, se está terminando el equipamiento de los pozos por lo que se espera que el sistema empiece a funcionar próximamente.

En la Sierra de Lóquiz la investigación realizada ha permitido conocer que existían importantes recursos de aguas subterráneas en disposición de ser utilizados. Una parte de estos recursos se están utilizando ya para abastecimiento urbano, a través de la Mancomunidad de Montejurra, mientras que otra parte de ellos siguen en disposición de ser utilizados, bien para nuevos abastecimientos o para regadíos.

En la zona sur, dentro de la parte seca de Navarra, las expectativas no eran buenas y por ello, únicamente se pretendía obtener algún pequeño caudal para satisfacer demandas urbanas a pequeños núcleos de población.

CGS colabora en estos momentos con la Confederación Hidrográfica del Ebro en la realización del «Estudio de los Recursos Hídricos Subterráneos de los Acuíferos de la Margen Derecha del Ebro, Zona III, Acuíferos Zona Baja (Plan Hidrológico).» En este estudio, que está también finalizando, se pretenden adquirir los conocimientos necesarios para poder considerar las aguas subterráneas en el marco de los Planes Hidrológicos, así como para administrarlas y gestionarlas de acuerdo con la Ley de Aguas (29/1985, 849/1986 y 927/1988).

También se han realizado estudios para el Servicio Geológico del MOPT. Algunos limitados a zonas concretas y con problemas específicos y otros a zonas más amplias y planteamientos generales.

Entre los primeros se pueden mencionar «El Estudio de la Salinidad del Río Gallego», en el que se investigó la procedencia y evolución de la salinidad de las aguas subterráneas de los aluviales de la cuenca baja de este río y «El Estudio Hidrogeológico de la Sierra de Guara» en donde se analiza la información existente y en base a la problemática del acuífero se plantea su investigación y explotación mediante la realización de unos sondeos-pozos de investigación.

Entre los segundos, planteamientos generales en zonas amplias, el estudio de la Comunidad de la Rioja, en fase de finalización, en el que se realiza una investigación hidrogeológica básica, estudiándose los acuíferos en base a una investigación geológica inicial, geofísica, perforación de 1800 m entre sondeos de reconocimiento y pozos de investigación, desarrollos y ensayos de bombeos, aforos en ríos y manantiales, análisis de muestras de agua, encuestas para la valoración de las demandas y utilización de las aguas subterráneas, etc.

HIBAIA S.L.

ESTUDIOS E INGENIERÍA DE LA CONTAMINACIÓN Y MEJORA DEL MEDIO AMBIENTE

- Planes de Gestión, Tratamiento y Recuperación de R.S.U.
- Inventarios de contaminación. Planes directores de saneamiento.
- Diagnósticos y auditorías ambientales en la industria.
- Evaluación de Impacto Ambiental.

C/ ZABALETA, 1 - 5º
20002 SAN SEBASTIAN
TFNO. 943 / 270390 - Fax 943 / 288551

C/ PLAZA DEL CONSEJO, 3 - 4º
31001 PAMPLONA
TFNO. 948 / 223746 - Fax 948 / 220268

La Evaluación de Impacto Ambiental: Una perspectiva desde la Administración del Estado

• IGNACIO GAMARRA •
ROCANDIO

El reciente Real Decreto 1316/91 (de reestructuración de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente, BOE 4 de septiembre), establece la competencia de la Secretaría de Estado para dirigir y coordinar las políticas orientadas a potenciar la utilización racional de los recursos naturales; por otro lado, asigna a la Dirección General de Política Ambiental el cometido planificador, de acuerdo con las recomendaciones de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, de ordenar los elementos ambientales a través de la evaluación de impacto ambiental.

La directiva 85/337/CEE sobre evaluación de las incidencias ambientales de determinados proyectos públicos y privados se traspuso en España a través del Real

Decreto Legislativo 1302/86 (desarrollado reglamentariamente por el Real Decreto 1131/88). El Reglamento de impacto ambiental atiende principlamente a la concreción del procedimiento de tramitación de los proyectos a los que les es exigible una evaluación de impacto.

La Dirección General de Política Ambiental a través de la Subdirección General de Programación y Evaluación de Impacto Ambiental gestiona la tramitación de aquellos proyectos que son competencia de la Administración Central.

Los proyectos cuya competencia está transferida a las Comunidades Autónomas, se evalúan en el ámbito de cada comunidad. Independientemente de la obligatoriedad de evaluar aquellas actividades relacionadas en el anexo del R.D.L. 1302/86, bien por la Administración Central o Autonómica, estas últimas, a su vez y en función de las capacidades legislativas de cada Comunidad, pueden ampliar o matizar las actividades objeto de evaluación.

Los servicios de impacto ambiental de la Dirección General de Política Ambiental son los encargados de efectuar la evaluación técnica de los proyectos. La evaluación realizada por la Administración tiene por finalidad pronunciarse sobre la conveniencia de ejecutar el proyecto y en su caso, definir las condiciones de protección del medio. La Declaración de Impacto Ambiental es el documento administrativo que, como Resolución de la Dirección General de Política Ambiental, establece las condiciones de protección; posteriormente la D.I.A. ha de incorporarse al resto de las condiciones de autorización del proyecto que otorga la Administración sustantiva.

Para realizar la D.I.A., los servicios de impacto ambiental, tienen que analizar el documento técnico de proyecto, el estudio de impacto ambiental y las alegaciones formuladas durante el período de información pública.

El promotor de la actividad, tanto si ésta es pública como privada, es el responsable de redactar el proyecto y el estudio de impacto. Este último debe contener la información establecida reglamentariamente que debe ser suficiente para permitir a la Administración formular la correspondiente D.I.A. Los criterios generales para calibrar el alcance de esta información se establecen en el propio Reglamento: debe identificarse, describir y valorar los efectos notables del proyecto en los distintos factores ambientales; estas fases del análisis técnico deben realizarse sobre los «efectos notables», es decir, sobre aquellos que pueden modificar el medio ambiente, tanto si se producen en el momento de la acción como en el futuro y en cada factor del medio: el hombre, la fauna, la flora, el aire, el agua, etc.

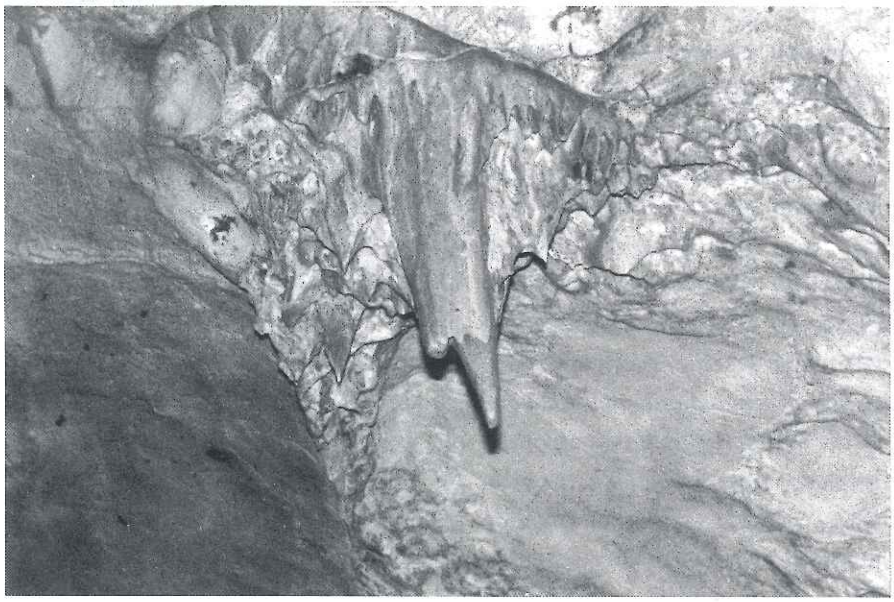
El análisis ambiental debe ser apropiado y acorde con las particularidades de cada caso concreto. Los métodos de estudio que aportan una gran ayuda son los denominados «scoping» y «screening»: el primero en momentos iniciales para determinar el alcance del estudio; no es necesario un estudio excesivamente profundo de todos los aspectos de los condicionantes ambientales, sólo de aquellos que se detecten como relevantes; las consultas previas a la población interesada y a instituciones y administraciones, que prevé el procedimiento de evaluación, están orientadas a facilitar al titular del proyecto esta información. El screening tiene una función de filtro de los efectos realmente significativos para el caso particular que se analiza.

Las tareas que deben realizar los servicios de impacto ambiental están encaminadas a establecer el grado de certidumbre del análisis efectuado por el titular del proyecto (comprobación de la realidad descrita, la importancia y alcance de los efectos previstos, la certeza de los cálculos aportados, la idoneidad de los métodos aplicados, etc.), y valorar la oportunidad del proyecto en conjunto. Para llevar a cabo estas tareas ha de manejarse un gran volumen de información: legislación vigente reguladora de las diversas materias que pueden estar implicadas en la actividad proyectada, documentación relativa a actuaciones previstas en los diferentes planes sectoriales o de ámbito regional o local sobre el espacio geográfico donde se va a realizar la actividad, información sobre el medio físico en sentido amplio (atmósfera, agua, fauna, flora, etc.) y sobre aspectos sociales.

Es evidente que estas tareas descritas necesitan la concurrencia de diferentes profesionales; cada área temática y cada actividad objeto de evaluación (centrales térmicas, infraestructuras, presas, puertos marítimos, minería, etc.), precisa la atención de especialistas en la materia. Es una buena oportunidad para que los distintos colectivos profesionales orienten su actividad hacia el campo medio ambiental. En la esfera de la Administración Central quizá fuera necesario facilitar la incorporación de colectivos que aún no tienen una clara y directa línea de acceso.

Una vista a la cueva del Reguerillo

• C. Y A. PARRO - E. PAMPLIEGA •



Grupo de estalactitas rotas, entre las que destaca una de gran tamaño todavía intacta.

Declarada Monumento Histórico Artístico, por Real Decreto de 2 de marzo de 1944.

1. SITUACION GEOGRAFICA

Está situada en el término municipal de Patones, en la provincia de Madrid, a unos 65 km. al Norte de la Capital.

Se encuentra en el Pontón y la Dehesa de la Oliva, en las estribaciones de la Cordillera Central, borde sur de las sierras de Somosierra y Guadarrama.

En los diversos barrancos que cortan transversalmente los afloramientos de calizas cretácicas, existen numerosas formas endokársticas, alineadas a favor de los estratos.

Es en la confluencia de los ríos Jarama y Lozoya, siguiendo la garganta del Arroyo de Valdentales, donde está situada la cueva del Reguerillo.

En las proximidades de las lomas de Patones, por el Norte, se alza la cumbre Tornera 1.865 m. y por el Oeste, los picos de la Miel 1.394 m., y del Cancho Gordo 1.564 m., este último situado en el Berrueco.

Dentro del término municipal de Patones, se localizan las elevaciones de Cerugea, con 1.224 m., el Cancho de la Cabeza con 1.267 m., y como una puerta, la Dehesa de la Oliva cuya cota máxima es de 905 metros.

2. EL REGUERILLO

Cueva explorada desde antaño por expertos, aficionados y curiosos, tiene con un desarrollo total de 8.260 metros. Se han encontrado en ella pinturas prehistóricas, restos humanos que parecen pertenecer al Neolítico, así como restos de cerámica y huellas de oso. Por todo ello, y para evitar su deterioro, se decidió en el año 1944 declararla Monumento Histórico Artístico Nacional.

Esta «vivienda» de nuestros antepasados, a pesar de la protección que se le ha pretendido dar a través de los últimos años, no ha conseguido salir ilesa del poder destructivo y de las ansias de posesión del depredador «homo actualis».

De dominio público es la existencia de un mapa que detalla las galerías, pozos, gateras y entradas que tiene la mencionada cueva y que es posible adquirir en cualquier tienda especializada en espeleología. Triste es com-

probar que en el momento actual, con un futuro prometedor para esa última reserva natural que es la Antártida, y cuando todos nos sentimos más amantes de nuestro entorno natural, aún existen «curiosos» que intentan arrancar pedazos de unas columnas que gota a gota tardaron miles de años en formarse dentro de la citada cueva.

No es ni mucho menos la primera expoliación y desgraciadamente tampoco será la última. Esta vez se pudo evitar, pero en años anteriores, es sabido que las pinturas prehistóricas existentes, fueron deterioradas raspándolas o pintando sobre ellas.

En nuestra visita también hemos podido observar, la existencia de fechas y nombres de antiguos visitantes, que a modo de GRAFFITIS se pueden encontrar con facilidad en las galerías más cercanas y accesibles a las entradas de la cueva. También es fácil encontrar esos pequeños generadores de corriente eléctrica vulgarmente llamados «pilas», botellas y todo tipo de restos que denotan el paso del depredador hombre actual por esos lugares.

Aparte de lo anteriormente descrito, aún hoy quedan bellas estalactitas y estalagmitas que en numerosos casos y en el trascurrir del tiempo, han formado columnas de grandes proporciones. En varias de sus salas el techo tiene una considerable altura, y es gratificante escuchar el monótono e incesante rumor de las gotas de agua que del mismo se desprenden, muestra inequívoca de que no se ha extinguido la actividad creadora de esta maravilla de la naturaleza.

Es inquietante apagar la luz de tu casco, escuchar el peculiar sonido de las gotas, ver el resplandor lejano de lo que luego serán haces de luz,

Detalle de los depósitos de carbonato cálcico.

cuyos portadores, a primera vista, parecen sombras fantasmagóricas y que una vez a tu lado, se presentan como aficionados a la espeleología. En este extraño medio, el hombre se encuentra desamparado, no hay ruido, sólo las gotas, y una rara sensación que te impulsa a continuar adentrándote en las entrañas de la tierra.

Hay numerosas zonas inundadas, la humedad lo llena todo y siempre el incesante rumor del agua. A medida que nos adentramos en la cueva, el paso se hace cada vez más estrecho y en ocasiones, si no te orientas bien, debes desandar el camino andado para encontrar la ruta adecuada. A pesar de estos inconvenientes, después del esfuerzo recibes el gratificante premio de entrar en salas de belleza increíble, con rocas desgastadas por el agua y lagunas tranquilas y transparentes.

Llegado este momento entiendes el porqué de que este lugar sea un Monumento Histórico Artístico. Es algo distinto a la belleza del mar, a la sobriedad de una catedral o la majestuosidad de una montaña. Es silencioso y tranquilo, invitando con la contemplación de sus maravillas a la relajación, olvidando los problemas cotidianos y obligando al visitante a poner todos sus sentidos en la captación de la paz reinante.

La carencia de adecuados medios nos impidió seguir adentrándonos en esta maravilla natural y los integrantes de esta «expedición» nos hicimos la firme promesa de volver, y en la medida de nuestras fuerzas, intentar concienciar a los futuros visitantes de que lo que ven en la actualidad es algo que ha creado la naturaleza a lo largo de miles de años, y este monumento natural merece el más absoluto de los respetos. Si no somos capaces de preservar este legado milenario quizás, lo mejor sería cerrar sus entradas y dejárselo a sus actuales moradores: los murciélagos.

LA GEOLOGIA Y LA MITOLOGIA:

• MANUEL ROLANDI SANCHEZ-SOLIS •

Fuente Romanos» de época republicana romana (siglo Iª a.c.).

EL MEDIO NATURAL Y EL LUGAR SAGRADO

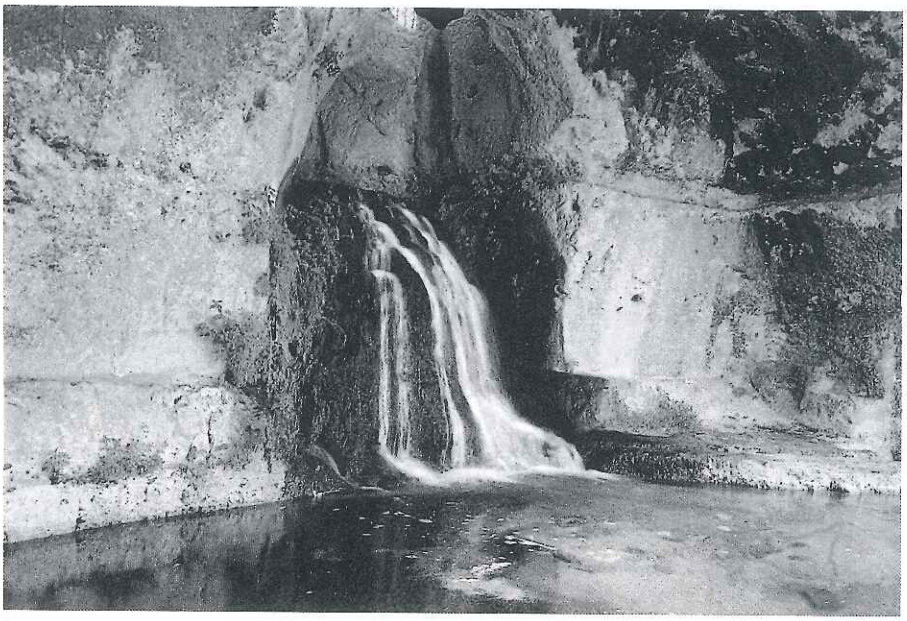
INTRODUCCION

Los pueblos de la antigüedad se hallaban profundamente ligados y condicionados por la naturaleza, de la que dependían íntimamente, e interpretaban muchos de sus fenómenos conforme a los escasos conocimientos de la época, buscando explicaciones míticas donde no encontraban razonamientos científicos.

Este hecho, que constituye un denominador común a todas las civilizaciones antiguas, podría considerarse como el germen o la semilla del pensamiento científico, dado que la mitología —como sostenía Aristóteles— era ya en sí una forma de pensar y de «hacer filosofía».

Desde el comienzo de la humanidad el hombre primitivo identificó y sacralizó una serie de lugares y de medios naturales, a los que consideró como una especie de pasillos o de

puertas cósmicas que le ponían en contacto con otras realidades o planos superiores al que ellos habitaban. Estos lugares sagrados y mágicos solían coincidir con emplazamientos naturales, como mantañas, volcanes, cavernas o grutas, mares, lagos, ríos, fuentes, etc., a los que consideraban como enclaves sobrenaturales en los que se daban cita las fuerzas ocultas de la naturaleza y en los que, durante siglos y milenios, fueron acumulándose toda una serie de leyendas sobre prodigios milagrosos, hechizos y apariciones santas o diabólicas.



Cascada del Ninfeo (Siracusa Iralía).

Lógicamente, y en un mundo primitivo en el que existía una concepción profundamente animista de la naturaleza y de la materia, en el cual todas las cosas tenían vida y estaban impregnadas de dioses o de demonios, estos lugares considerados como sobrenaturales terminaban por convertirse en centros espirituales y sagrados donde habitaban una variada y rica fauna de sacerdotes/isas, santos/santones y curanderos, y donde se protagonizaban todo tipo de cultos, manifestaciones rituales, oráculos y reuniones festivas o diabólicas.

LAS MONTAÑAS Y CUMBRES

En este mundo antiguo que intentaba buscar explicación a los por entonces considerados misterios insondables de la naturaleza y del universo, las altas montañas de escarpadas crestas y formas preferentemente cónicas tenían un profundo sentido transcendental y a su verticalismo le atribuían un significado de escalera o de puerta cósmica de acceso al mundo de las alturas en el que moraban dioses y seres sobrenaturales en majestuosos palacios y suntuosas mansiones.

Los extremos o cumbres de las altas montañas atravesaban el inmenso cosmos y constituían un punto de conexión entre el plano donde se desarrollaba la vida cotidiana de los mortales y el plano superior donde habitaban las divinidades.

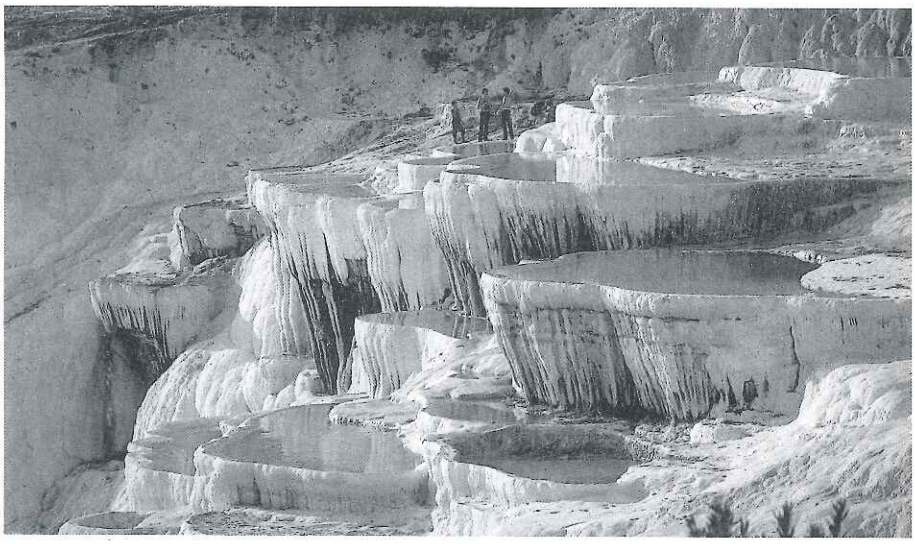
Estas montañas sagradas siempre debían alcanzar alturas superiores a los 1.000 metros y presentar escarpadas crestas que difícilmente podrían ser escaladas por los seres humanos, a la vez que estar cubiertas por nieves y ocultas por abundantes nubes a los ojos de los humanos.

Los ejemplos de montes sagrados son inumerables por todo el mundo antiguo, y entre ellos cabría destacar el monte Olimpo de Tesalia, con 3.000 metros de altura, lecho del grande y todopoderoso *Zeus* y centro del consejo de todos los dioses, el monte Parnaso de Fócida, sede del dios *Apolo*, la roca de Tenaro en Laconia, el monte Lendida, morada del dios persa-hindú *Mitra*, la montaña de Aleyin en Fenicia, la cumbre del volcán Estromboli, donde instaló su fragua el dios *Hefesto/Vulcano*, el monte de Agra, donde se celebraban las famosas fiestas septembrinas a la diosa *Demeter/Ceres*, hija de *Crono* y *Rea* y hermana de *Zeus*, las montañas de Atlas, donde se refugió la mereida *Anfitrite*, las nevadas cumbres del Kilimanjaro o del Machu Pichu, y un sin fin de montes sagrados entre los que no debemos olvidar los de Missia, junto al lago de Apolonia, Chipre, Elide, Arcadia, la montaña Negra, los propios Pirineos, etc.

CAVERNAS, GRUTAS Y CUEVAS

Las cavernas, grutas y cuevas tenían también un significado mítico y sagrado, aunque en sentido opuesto al de las altas montañas. Constituían la línea divisoria entre el cielo y la tierra, la frontera con el mundo profundo y subterráneo, considerándoselas lugares siniestros y de perdición al que se desterraba a los humanos que se enfrentaban a los dioses. Suponían algo así como una puerta de acceso y de contacto con el núcleo mágico o corazón sagrado de la Tierra, la matriz de la gran Madre. Eran, en definitiva, un punto de contacto directo —y no sólo simbólico— con lo que los humanos fueron antes de venir al mundo y con lo que serán después de muertos.

En las cavernas y grutas está el origen y la razón de los enterramientos bajo tierra —volver al mundo de donde se vino— de las cámaras mortuorias y pasadizos de las pirámides, de las criptas de los templos, del mito de la ballena de



Manantial de Pamukkale (Anatolia, Tunkía).

Jonás, de las esculturas con representaciones de monstruos con grandes fauces abiertas, etc.

Los ejemplos de cavernas en el mundo mitológico y subterráneo regido por *Hades/Plutón* —hijo de *Crono y Rea Cibeles* y hermano de *Zeus* y *Poseidón*— son igualmente amplísimos y entre todos cabría destacar las oscuras y abisales tierras de la noche de los «infiernos» o «avernos» del «Tártaro», situadas bajo los idílicos «Campos Eliseos», donde eran precipitadas las deidades que desobedecían los divinos mandatos del poderoso y cruel *Zeus*, la profunda gruta del Monte Crirene, en el Peloponeso, donde moraba la ninfa *Maya*, la caverna de Témaro, en Laconia, de la que salía una tuforada vaporosa y pestilente, las grutas de *Mitra* en las montañas de Lendida, la del cíclope Polifemo, hijo de *Poseidón* y de la ninfa *Tuosa*, la que daba origen al río Aqueronte, en el Tartaro, donde hacía sus singladuras fúnebres el barquero Caronte, la del volcán Stromboli, donde instaló su fragua *Hefesto/Vulcano*, dios del fuego e hijo de *Zeus* y de su legítima esposa *Hera*, la gruta de Creta donde las ninfas escondieron al dios niño *Zeus* de las iras de su padre *Cronos*, y donde lo amamantaron con leche de la cabra Amaltea, o los tétricos «cenotes» sagrados de la muerte de Chichén Itza y de Bolochán, en el Yucatán, donde los mayas ofrecían pingües ofrendas votivas y sacrificios humanos —sobre todo niños menores de 6 años—.

LAS AGUAS: OCEANOS Y MARES, LAGOS, RIOS Y MANANTIALES

Finalmente, los océanos, mares, lagos, ríos, manantiales y el agua en general, eran consideradas también como un elemento esencial en el ancestro cultural de todos los pueblos de la antigüedad.

Son numerosos los genios y criaturas mágicas que pueblan los océanos, mares, lagunas, ríos y fuentes, y entre todos cabría destacar a *Nereus*, el bondadoso anciano personificación del mar en calma y padre de las *Nereidas*, que se asociaban a toda al abundancia de riquezas que las aguas suponían y escondían en sus profundidades, o a las *Ninfas y Náyades* que protegían todo río, arroyo o manantial.

Ya en el siglo Vº a.d.C., un filósofo griego de la colonia jónica de Mileto (Asia Menor), y muy posiblemente influenciado por las teorías fenicias sobre el origen del universo, decía que «... el agua era el principio esencial del que todas las cosas se formaron. El estado de humedad hizo posible el origen de la vida y de la materia: todo proviene de una especie de caos acuoso...».

El concepto actual de océano y de mar no existía o no estaba claro en el mundo antiguo, y los identificaban con inmensos ríos. Homero las llamaba «... poderosa corriente del río Océano», del que pensaban que rodeaba al disco aplastado o tierra firme donde vivían los humanos.

En su concepción mítica de las cosas, pero no exenta de una cierta reflexión naturalista, a los océanos y mares los hacían descender de los dioses del cielo —*Urano*— y de la tierra —*Gea*—, y los unían sentimentalmente con *Tetis*, una nereida que vivía en el fondo del mar sobre una enorme carroza —concha tirada por delfines, de cuya acuosa relación nacerían las 3.000 *Oceánides* o ninfas marinas.

En lo referente a los manantiales y ríos, estos representaban para todas las civilizaciones antiguas lugares y entornos santos, al suponer a sus aguas portadores de la esencia de las entrañas de la tierra, las cuales proporcionaban a los humanos el sentido y las señales de trascendencia tan buscadas por todos los pueblos de la antigüedad.

Todo río y manantial tenía la protección de una *Náyade* o *Ninfa de las aguas* e hijas de *Zeus* y de *Cloris*, y a ella se consagraban sus aguas.

Estas diosas menores que protegían y moraban entre las aguas, se decía que eran muy bellas y que se mantenían eternamente jóvenes. Se les pedía todo tipo de consejos pro-

féticos y de salud, al considerárselas las más benéficas de todas las criaturas.

Se dividían en *potameidas* (de ríos y arroyos), *creniadas* (de fuentes) y *limnadas* (de lagos y pantanos), y a todas ellas se les asociaba a las aguas de tierra adentro, y con el tiempo a las nueve musas hermanas se les asignaron una serie de atribuciones protectoras, como la elocuencia, la épica y la ciencia, las gestas y hazañas de la historia, el amor y el matrimonio, la música y la lírica, el canto coral, el canto sagrado y de la mímica, el teatro cómico, la danza (ya fuera profana o sagrada) y el estudio de los astros y de los movimientos del cielo.

Fuente incaica de Raqchi (Perú), a la que emparentaban con el dios de la lluvia Kon.

Junto a los manantiales más famosos, en sitios sanos y silenciosos, alejados de los núcleos urbanos y rodeados de frondosos bosques y fértiles valles, se edificaban templos y santuarios a los que acudían numerosos enfermos en búsqueda de curación y consuelo.

Los más famosos fueron los dedicados al dios de la medicina *Asclepio/Esculapio*, que había aprendido su arte de su padre y del centauro *Quirón*. Entre los más destacables de estos santuarios, denominados popularmente «Asclepias», habría que citar los de Epidauro, Atenas, Pérgamo, Kos, Tesalia, etc.

En estos idílicos lugares actuaban verdaderas cortes de sacerdotes-curanderos y oráculos, que sometían a los enfermos/fieles a diversos tipos de ayunos, abluciones y baños con el fin de purificarlos. Estos arrojaban como pago al dios (y a los sacerdotes, se supone) monedas de oro al estanque sagrado situado comunmente a la entrada de los santuarios; costumbre, por cierto, que se ha mantenido hasta el día de hoy en estanques, fuentes, pozos, etc.

Además de las ya conocidas *náyades* o *ninfas del agua* helénicas/romanas, la mitología de diferentes culturas, razas y continentes coincidió en considerar al agua como un elemento básico y sagrado.

Los asirio-babilónicos concibieron a las aguas como la «fuente de la vida» que resucitó al dios de la tierra *Tamuz*. Ellos fueron también los que inventaron las leyendas del «diluvio universal« y de la «creación del mundo», transmitidas y copiadas por todas las civilizaciones y religiones posteriores, incluida la cristiana.

Ea, el dios de las aguas asirio-babilónico eligió a un solo mortal y a su familia para salvarse de un horroroso diluvio de 6 días y 6 noches de duración, mediante la construcción de una embarcación donde se introdujo con... «toda su familia y enseres, animales domésticos y salvajes etc.» (...) «el agua anegó la tierra entera y toda la especie humana quedó convertida en lodo».

Los fenicios, por su parte, pensaban que el mundo tuvo su origen en un «caos acuoso» formado por una mezcla de aire vaporoso y agua turbia. Todo ello dio lugar a la formación del limo o barro del que nacería la vida.

A los caudales de los ríos, a los que consideraban «... la grasa de la tierra», los pusieron bajo la protección del dios *Aleyin*, y pensaron que los manantiales no eran otra cosa que perfumes de las deidades subterráneas con las que habían ungido al cadáver del dios *Aleyin*, enterrado al pie de una gran montaña por la diosa *Anat*, después de que éste fuera derrotado y muerto en combate por *Much*.

Los egipcios, cuya cultura y civilización se desarrolló íntimamente ligada al río Nilo y a sus ciclos periódicos y anuales de inundación, consideraron también a la tierra y al agua —al barro en definitiva— como la cuna espiritual y la materia prima por excelencia de los dioses creadores. Del barro nació *Rá*, el disco solar, padre de todo lo que habitaba bajo sus rayos, y de su voluntad nacerían la primera generación de deidades, *Tefnet* —dios del aire— y *Chú* — diosa de las aguas que caen sobre la tierra.

De la unión de ambos hermanos nacería la segunda gene-

Alegoría moderna al «dios de las aguas».

ración divina, compuesta por *Geb* —dios de la tierra— y *Nut* —diosa del cielo— que a su vez crearon la tercera generación y así sucesivamente.

La tercera generación de divinidades egipcias presentaba un panteón con profundas relaciones con la naturaleza, y en particular con el medio acuoso, cuyos cuatro representantes estaban en el mundo egipcio para completar el binomio del bien y del mal, de la vida y de la muerte.

El primer hijo, *Osiris*, es el dios de la fecundidad y de la continuidad de la naturaleza, principio de la vida misma y de la de los humanos. Muerto por su celoso hermano *Seth* pasó a los infiernos y se convirtió en el dios de los muertos, presidiendo el tribunal de ultratumba.

El segundo, *Isis*, hermana y esposa de *Osiris* y madre de *Horus*, reina sobre los dominios del Nilo —parte útil del mundo— en armoniosa compañía con su esposo, formando la pareja positiva del binomio. Con el tiempo su culto se difundió por todo el mediterráneo, convirtiéndose en «diosa universal» y protectora del mundo oculto de la magia.

El tercero, *Neftis*, hermana y esposa de *Seth*, es la auxiliar discreta de *Isis* y menos afortunada que ella, pues se le asignó la divinidad de las tierras secas —o parte menos útil del mundo, limítrofe con las tierras fértiles.

Por último, *Seth*, el cuarto hermano y representante de la tercera generación divina egipcia, procedía de los oasis, donde abrió el vientre de su madre haciéndola sufrir cruelmente. Se le consideraba un dios de la maldad, ruidoso y un espíritu negativo, en el que representaba la tormenta, la intemperie, el desierto sin vida y a la propia muerte. Después del dominio persa se le identificó con el invasor.

Pero, curiosamente, y a pesar de la importancia que el río Nilo representó dentro de la civilización egipcia, donde lo era todo, no contó nunca con una divinidad específica en el panteón divino mayor. Solamente se le identificó con una serie de dioses secundarios representativos de sectores o tramos del río. Por ejemplo, *Jnum* —dios con cabeza de carnero y cuatro personificaciones— regentaba la primera catarata, mientras que su esposa *Amukit* representaba el estrechamiento del río a su paso por las gargantas rocosas de Filae y Siena.

Por su parte, *Hersef* —con cuerpo de hombre y cabeza de borrego— era la divinidad de los lagos y *Sabek* —con cabeza de cocodrilo— la de las inundaciones benefactoras que dejaban potentes capas de fértiles limos de los que dependía la cosecha anual.

Sobeck era el dios cocodrilo relacionado con el agua en general y con la creación del mundo y *Teoeris* —la grande— la diosa hipopótamo protectora de las aguas puras.

Para las tierras secas la divinidad era *Minu*, protectora de los viajeros que se aventuraban a adentrarse por las calurosas arenas del desierto, y para los linderos entre las tierras fértiles y secas contaban con *Hathor*, esposa o madre del *Horus* solar, con forma de vaca o de mujer con cabeza vacuna, y diosa también del amor y de la alegría.

Los pueblos celtas, galos y germánicos, todos ellos con profundas concepciones animistas de la naturaleza y de la materia, adoraban todo tipo de aguas y consideraban sagrados a los manantiales.

El Dios de las aguas termales era *Bormo*, *Borvo* o *Borma-*

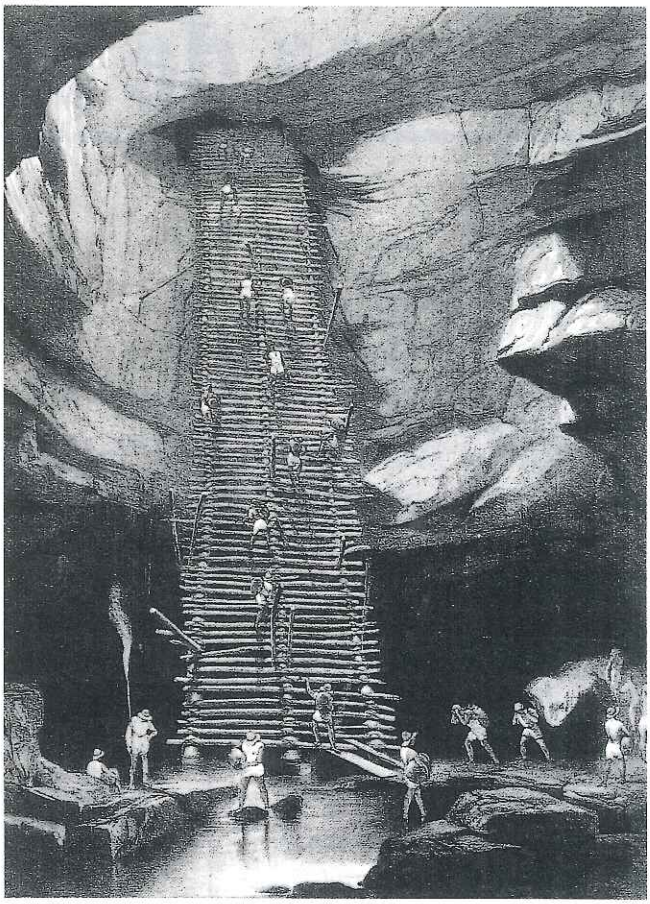
mus —que significaba «caliente»— y la diosa de las aguas que corren *Epona*, a la que ofrecían regalos, junto con la patrona gala de los manantiales *Sirona* y al propio río *Rin*, del que se consideraban hijos todos sus héroes y donde sumergían a los recien nacidos para hacerle la prueba de la legitimidad —algo así como la versión germánica de los autos de fe cristianos.

Los eslavos y lituanos adoraban también las aguas de los ríos manantiales, donde realizaban rituales a su dios máximo o supremo *Perunó* —dios de las tempestades y de la lluvia— y al dios del sol *Dazbag*.

Por último en la América antigua, los aztecas adoraban al dios *Tlaloc* como dios de las lluvias, el agua y los campos florecidos y a *Chalchihuitlicve* diosa del jade y de la turquesa que velaba por los ríos y arroyos que tomaban sus colores.

Los mayas consideraban al agua como el origen de la vida y los incas a *Kon* como dios de la lluvia, a *Temenduare* y *Ariskuté* como dioses del diluvio y *Pacha Mama* como dios de la tierra, todos ellos habitantes de los 3 planos de la creación del mundo: el superior o *Janan Pacha* —donde vivían los dioses estelares o cósmicos—, el intermedio o *Cay Pacha* —donde vivían los dioses creadores de los humanos, animales y plantas— y el interior, cerrado y reservado los muertos o *Ucu Pacha*.

Este ya extenso repaso de los lugares sagrados y mágicos de la mitología antigua no podría terminar sin una breve referencia a las principales lagunas, ríos y fuentes de su amplia bibliografía, entre las que cabría destacar la legendaria laguna Estigia de gélidas aguas por las que juraban los dioses antiguos y en cuyas aguas la nereida *Tetis* bañó a su hijo Aquiles para hacerlo invulnerable, el río Acis, cuyas aguas provenían de la sangre del pastor siciliano enamorado de la bella nereida *Galatea*, el río Flegetón, en el averno o Tártaro, caudaloso y profundo, que en lugar de agua llevaba fuego y cantos de gran tamaño que al chocar producían un ruido apocalíptico, el río Aqueronte, cuyas aguas debían atravesar los difuntos para ser juzgados en nombre de Hades/Plutón, siempre y cuando aceptara a atravesarlos en su barca Caronte, y el río de la Ira, en el que convirtió el cruel dios *Apolo* al desgraciado sileno Marsías. Entre las fuentes y manantiales no deberíamos olvidar a la de Castalia, en las faldas del monte Parnaso, cuyas aguas tenían la propiedad de inspirar a quienes las bebieran, la de Lete o del olvido, en Lemnos, que, por el contrario, todos los que bebían de ella perdían la memoria y olvidaban su vida pasada, la de Atica, donde las hijas del rey Celeo encontraron al dios *Demeter/Ceres*, la de Sibaris, el Delfos, que nacía de donde fue aplastada la cabeza del pestilente monstruo Sibaris, el manantial termal de Pamukale, en anatolia, la fuente del Ninfeo, en siracusa, la de la «eterna juventud» buscada infructuosamente por Alejandro Magno y por otros muchos personajes de la antigüedad para beber sus milagrosas aguas que daban la inmortalidad o retrasaban la muerte, la fuente de Trajano en Efeso, la incaica de Raqchi, y un largo y misterioso etcétera al que, aunque dispusiésemos de tiempo y de espacio, nunca podríamos dar fin, porque, como ya se ha dicho a lo largo de este escrito, toda la naturaleza en sí y cada uno de sus diversos emplazamientos y lugares son, de alguna manera, sagrados y mágicos.



El «Cenote» sagrado de Belonchan, en la península del Yucatán. Típica morfología cárstica formada por desplome del techo calcáreo de una gruta debido a la acción erosiva del agua subterránea. En él los mayas realizaban ofrendas votivas y sacrificos humanos, sobre todo de niños.

• Libros de interés

Geología y paisaje de la cuenca central Ibérica

• **Edita: Grupo Vulcano, ediciones** •

Este libro representa un valioso y arduo trabajo centrado en la geomorfología de la Cuenca Central de la Peninsula Ibérica.

En él, sus autores, y en contraste con lo que ya va siendo usual en nuestros días, se plantean la posibilidad de aplicar a la enseñanza/aprendizaje de la Ciencias de la Tierra, un método activo: investigar sobre el terreno, comprobando en él los efectos de los fenómenos geológicos y ejemplificando con modelos reales las cuestiones estudiadas con anterioridad en aulas y laboratorios.

El trabajo ha consistido, básicamente, en una búsqueda de ejemplos claves y curiosos de la geomorfología y estructuras de la Zona Central de la Península, los cuales han fotografiado y descrito minuciosamente en un lenguaje científico pero a la vez sencillo y didáctico, como obligaba el doble objetivo de la obra.

El propósito de esta valiosa experiencia plasmada en algo más de 220 folios, es que su contenido sea útil tanto a profesores y alumnos, como a muchos aficionados a la observación de la Naturaleza. Su ayuda puede resultar verdaderamente estimable para la programación y organización de «itinerarios de campo» y excursiones de estudio que pueden y deben tener un carácter pluridisciplinar.

En definitiva, nos encontramos ante un libro interesante y útil, que propone en si un modelo de búsqueda, observación y estudio —los tres conceptos básicos del Naturalismo— y que ha supuesto a sus autores un inestimable esfuerzo de conocimientos y medios. Este esfuerzo esperamos y deseamos que no sea inútil, si no que, por el contrario, contribuya a favorecer una enseñanza de las Ciencias Naturales más acorde con las necesidades y evolución de nuestro tiempo.

Por último, desde estas breves líneas aprovechamos la ocasión para felicitar a sus autores, José R. Badia Fiscer y Alejandro Sáiz Esteve, y en particular a nuestro compañero José Ramón, que ha desarrollado brillantemente y durante muchos años la labor de geólogo a uno y otro lado del Atlántico. Desde estas páginas, sus compañeros y amigos de la 20ª promoción de la Complutense le enviamos un caluroso saludo y le deseamos que siga cosechando los éxitos que merece de vuelta en su país y entre sus gentes.

Estudio de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas de la provincia de Valencia. Origen, balance y evolución espacial y temporal

• **Editorial: Graficuatre, S. L.** •
VALENCIA

Aunque el trabajo consiste en un extenso estudio regional sobre la contaminación de las aguas subterráneas con un área donde los nitratos están ocasionando graves perjuicios, en él se emplean algunas metodologías novedosas en cuanto a su aplicación a la hidrogeoquímica. En especial, hay que referirse al análisis de series temporales de la variación de nitratos y a la estimación de modelos ARMA que permiten la posibilidad de reproducción de la evolución temporal pasada, así como la predicción inmediatamente futura en función de las precipitaciones.

Incluye una completa síntesis geológica del área estudiada, así como una revisión hidrogeológica.

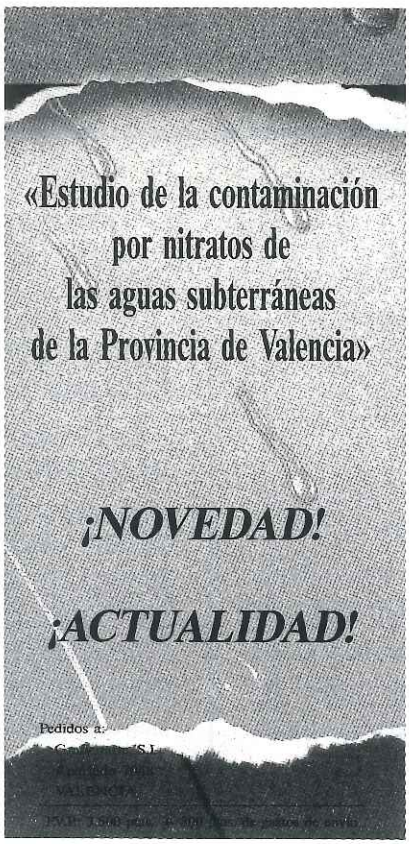
El balance sobre nitratos incluye el estudio de los aportes, con especial

atención al procedente de las precipitaciones, y las salidas, llegándose a la cuantificación de la responsabilidad de cada uno de aquellos en el grado de contaminación.

Las experiencias que se han realizado sobre el tránsito del ión nitrato por la zona saturada, en un área con un elevado componente kárstico, resultan de elevado interés aportando nueva información para un aspecto que es realmente complejo.

Aporta, igualmente, un elevadísimo número de datos, tratados por diversas técnicas apoyadas en la Informática, de los que se obtienen valiosas conclusiones que pueden constituir argumentos de elevado interés para futuros trabajos.

Se trata, en suma, de un trabajo brillante, muy cuidado y de lectura agradable, que recomendamos a aquellos compañeros interesados bien en temas de contaminación de aguas subterráneas bien en la Geología del área valenciana, en cuyas bibliotecas no debería faltar.



Por último, recordar que su autor, Emilio Sanchis Moll, que durante varios años ha sido Presidente de la Asociación Española de Hidrología Subterránea (Grupo de Trabajo de Hidrología), en un prestigioso profesional de la geología que ha participado en un importante número de publicaciones científicas sobre temas relacionados con el medio físico del área valenciana, entre las que cabría destacar la «Guía de la Naturaleza de la Comunidad Valenciana», en la que participó destacadamente como director y editor científico, y de la que se alcanzó, tras su tercera edición, una tirada superior a los 130.000 ejemplares.

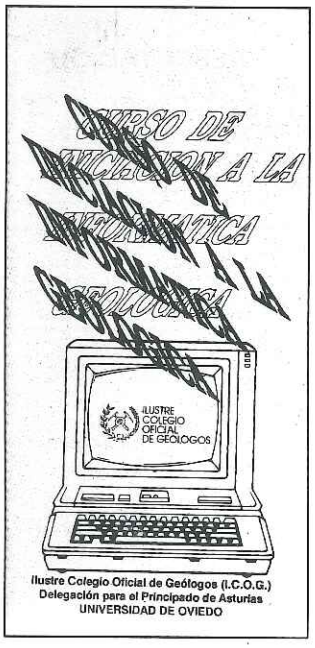
• Cursos

CURSO DE INTRODUCCION A LA HIDROGEOLOGIA PRACTICA

Durante los días 18 al 29 de noviembre del pasado año, el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos en colaboración con el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, impartió en Madrid un curso de Introducción a la Hidrogeología Práctica, con el que se ha pretendido aportar a los técnicos interesados en dicho campo, los principios básicos y necesarios de la Hidrogeología práctica.

El mencionado curso ha contado con la participación de 46 alumnos con distintas titulaciones (geólogos, biólogos, químicos, ingenieros técnicos de obras públicas, etc...), a los que se les impartió 50 horas lectivas y diverso material didáctico.

III CURSO NACIONAL Y I IBEROAMERICANO DE FOTOGRAFIA GEOLOGICA



Las Delegaciones Asturianas de la Asociación de Geólogos Españoles y del Colegio Oficial de Geólogos de España, convocan el III Congreso Nacional y I Iberoamericano de fotografía Geológica.

Para obtener las bases del concurso:

Colegio Oficial de Geólogos, Delegación Asturiana.

C/. Pérez de Ayala, 3. Escalera Izda., 7º puerta 4.

Telf.: (985) 27 04 27.

CURSO DE INICIACION A LA INFORMATICA GEOLOGICA

Tras la buena aceptación alcanzada por los CURSOS DE INICIACION A LA INFORMATICA GEOLOGICA celebrados en Madrid en 1990 organizados por la FUNDACION DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES y el ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEOLOGOS DE ESPAÑA, la DELEGACION ASTURIANA de este último, junto con la colaboración de la UNIVERSIDAD DE OVIEDO, afrontan la organización de este CURSO DE INICIACION A LA INFORMATICA GEOLOGICA motivados por los mismos objetivos y necesidades que dieron lugar a los anteriores y por la cada día más creciente aplicación y utilización de la informática a todos los ámbitos de la Geología.

Este curso se plantea como una introducción muy elemental al mundo de los ordenadores y de sus posibilidades de formación de usuario informáticos en aplicaciones geológicas, dada la contínua y creciente expansión tanto de los programas geológicos como de las distintas aplicaciones de la informática a nuestro mundo profesional. En particular destacar la cada vez mayor importancia que están adquiriendo temas como el Diseño asistido por ordenador (CAD), los sistemas de información geográficos, la digitalización de cartografía, el proceso de imágenes, los sitemas telemáticos de información y las bases de datos, temas que serán tratado en este curso.

DESARROLLO

El curso se desarrollará entre el 23 de marzo y el 15 de mayo de 1992, de 18,30 a 21,00 horas en Oviedo, en las aulas de Informática de la Universidad.

Constará de 80 horas lectivas con una capacidad máxima de 30 alumnos.

Al final del curso y constatando el aprovechamiento del mismo, se impartirá un Diploma acreditativo.

INFORMACION

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.
Delegación para el Principado de Asturias.
C/. Pérez de Ayala, 3 - Esc. 1ª - 7º
33007 - OVIEDO
Teléfono y Fax (985) 27 04 27

• Seminarios

SEMINARIO SOBRE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

Granada, 23-24 de enero de 1992.

Durante los días 23 y 24 de enero de 1992 se celebró en la ciudad de Granada el Seminario sobre Evaluación de Impacto Ambiental, organizado por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) y el Colegio Oficial de Biólogos (COB).

Más de 200 profesionales del medio ambiente asistieron a las conferencias, ponencias, debates y mesas redondas sobre diversos aspectos de la Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.).

La conferencia inagural estuvo a cargo del Ilmo. Sr. D. Fernando Martínez Salcedo, Presidente de la Agencia del Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. A lo largo de la exposición se expusieron temas de gran actualidad, como la Nueva Directiva Comunitaria de E.I.A., el anteproyecto de Ley sobre E.I.A. del Gobierno Andaluz, así como numerosos aspectos técnicos y diversas reflexiones sobre la realidad de los E.I.A. (la calidad, los costes, la consulta previa, etc...).

Durante el resto de la primera jornada, se expusieron las ponencias correspondientes a los ámbitos nº 1 y 2 del seminario sobre «Significado y alcance de la E.I.A.» y «Aplicabilidad de la E.I.A.» respectivamente. La primera ponencia defendida por Herminio Picazo Córdoba (COB-Murcia), en representación del grupo de trabajo mixto (ICOG-COB) que la había elaborado. En la segunda hizo lo propio Gisela Loran Benavent (COB-Barcelona).

Tras las exposiciones respectivas, se establecieron sendos coloquios con una nutrida participación, entre los asistentes al seminario y la totalidad de los miembros de los grupos de trabajo de las ponencias.

En la segunda jornada, se dedicó la mañana a la exposición y debate de las ponencias correspondientes a los ámbitos nº 3 y 4, es decir: «Formación de los profesionales» y «Regulación profesional.»

Las exposiciones estuvieron a cargo de José Chacón Montero (ICOG-Granada) junto con José Luis Rosía Campos (COB-Granada), y Angel Jaramillo (COB-Madrid), respectivamente.

Estos ámbitos fueron, si cabe, aún más animados que los anteriores, con una extraordinaria fluidez y participación en los debates.

La tarde se dedicó a la exposición de más conclusiones preliminares del seminario, por parte del Comité Organizador, y a un debate general sobre las mismas.

Posteriormente la clausura del seminario se realizó con intervenciones del Presidente del ICOG (en nombre de los dos Colegios organizadores) y el presidente de la Sociedad Geológica de España, D. Jorge Civis, que realizó una amable invitación a proseguir los debates sobre Medio Ambiente en el próximo III Congreso Geológico de España y VIII Latinoamericano de Geología, que se celebrarán en Salamanca en junio de 1992.

EL COMITE ORGANIZADOR

A. Alarcón; E. Baeza; M. Barón; J.J. Durán; A. Fraguas; J.A. Martín-Vivaldi; A. Morales.

• Notas del Comité de Redacción

COLABORACIONES

Se ruega a todos los compañeros su máxima colaboración posible en la preparación de artículos para la revista TIERRA Y TECNOLOGIA, ante la necesidad de ir consiguiendo, poco a poco y entre todos, un mayor contenido y extensión en los siguientes números que vayamos editando.

Serán bienvenidos y agradecidos no sólo artículos sobre temas geológicos de interés, sino también todo tipo de ideas y propuestas sobre temas básicos para futuros números, e información sobre cursos, congresos, reuniones, asociaciones, etc.

Para cualquier información al respecto, ponerse en contacto con el COMITE DE REDACCION DE LA REVISTA «TIERRA Y TECNOLOGIA», COLEGIO DE GEOLOGOS, Santa Feliciana nº 14. 28010 Madrid. Teléfono: 445 02 39.

Los artículos debereis enviarlos escritos a máquina u ordenador, a doble espacio y con una extensión máxima de diez folios. Deberán incluir un *título*, el nombre del *autor* y abundante *documentación gráfica* (figuras y esquemas en DIN A-4 y fotografías, con sus respectivos textos de pie de figuras o fotos).

ITINERARIOS DE INTERES GEOLOGICO

Se tiene previsto incluir en los próximos números un apartado dedicado a ITINERARIOS DE INTERES GEOLOGICO, en el que se describan posibles recorridos geológico-turísticos, tanto en España como en el extranjero.

Os rogamos vuestra colaboración, enviándonos un texto explicativo del itinerario propuesto, acompañado de documentación gráfica del mismo, como planos o esquemas de acceso, recorridos, puntos de interés (estructuras, fósiles, vistas fotográficas, manantiales, etc., y sin olvidar datos tan importantes como restaurantes, hoteles, etc...)

FOTOS CURIOSAS

También se tiene previsto crear un nuevo apartado en la revista dedicado a fotos curiosas o de interés para el colectivo, sobre temas geológicos, promociones, reuniones profesionales, excursiones, viajes, etc...

Como en los casos anteriores os pedimos vuestra colaboración, enviándonos las fotos que querais que se publiquen acompañadas de un pie o nota explicativa sobre el lugar, tema, ocasión, nombre de las personas que aparezcan en las mismas, fechas, etc...

FE DE ERRATAS

En nuestro primer número de «Tierra y Tecnología» cometimos una serie de fallos y errores de edición de los cuáles queremos pedir escusas a nuestros lectores y, en especial, a los compañeros autores de los artículos en los que se produjeron.

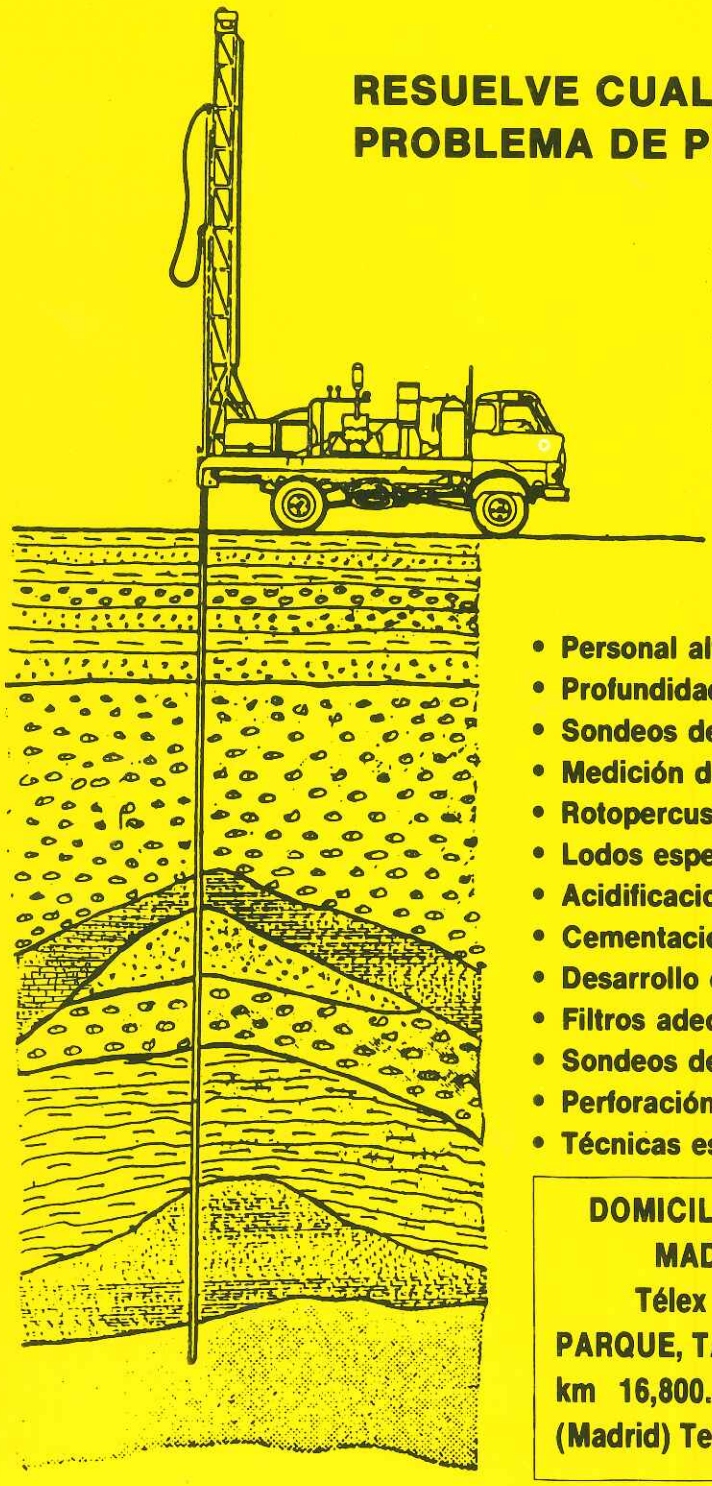
Junto con las escusas, solicitamos comprensión, dada nuestra inexperiencia, y esperamos que los juguetones «duendes de imprenta» no nos hagan similares jugadas en los próximos números.

Las principales erratas detectadas son las siguientes.

Página	Lugar	Dice	Debe decir
Portada	Títulos	Almacenamiento Radiactivos	Almacenamientos Radiactivos
Sumario	Títulos Arti.	Minización de holguras 1º centro español de Energía Nuclear	Minimización de holguras 1º centro español de Energía Solar
Pág. 22	Autor Art.	Falta autor	Rafael Nuche
Págs. 22-23-24	Pies de Fot.	Fot. Enresa	Fot. R. Nuche
Pág. 28	Autor Art.	J. J. Durán Balsero	J. J. Durán Valsero
Pág. 29	Pie de fot.	Falta autor	(Fot. J. J. Durán)
Pág. 32	Título Art.	Algunas Interferencias	Alguna Inferencias

IBERICA DE SONDEOS, S.A.

al servicio de la perforacion desde 1954



RESUELVE CUALQUIER PROBLEMA DE PERFORACION

— MINERIA
— GEOTECNIA
— ALUMBRAMIENTO DE AGUA
— ESTRATIGRAFICOS
— GEOTERMIA
— EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES
— ESPECIALES, ETC.

- **Personal altamente experimentado**
- **Profundidades hasta 2.500 m.**
- **Sondeos de gran diámetro.**
- **Medición de inclinación orientada.**
- **Rotopercusión a alta presión.**
- **Lodos especiales.**
- **Acidificaciones.**
- **Cementaciones.**
- **Desarrollo de acuíferos.**
- **Filtros adecuados a cada sondeo.**
- **Sondeos de investigación verticales o inclinados.**
- **Perforación con aire comprimido.**
- **Técnicas especiales, etc.**

DOMICILIO SOCIAL: López de Hoyos, 13, 1º.
MADRID-28006. Telf. 91-261 08 07*.
Télex 45877 ISON-E. Fax 91-261 88 94
PARQUE, TALLERES y ALMACEN: Ctra. de Toledo, km 16,800. Pol. Ind. Acedinos FUENLABRADA (Madrid) Telf. 690.15.35-690.93.12 Fax. 91-690.93.12

Geotextil
Polyfelt TS

Geotextil 100% polipropileno

drenaje • filtración • separación • protección • refuerzo

Más de 5.000.000 m² utilizados en las carreteras españolas nos avalan
Polyfelt TS está presente en todas las Nacionales

N-I Tramo Lerma - Cogollos (Burgos)
N-I " Cogollos - Burgos
N-II " Guadalajara - Torija
N-II " Calatayud - Aluenda (Zaragoza)
N-II " Lérida - Fraga
N-IV Variante de Tembleque (Toledo)
N-IV Tramo Ocaña - Tembleque (Toledo)
N-V Variante de Talavera (Toledo)
N-V Tramo Oropesa - Límite Prov. Cáceres (Toledo)
N-VI " Adanero - Medina del Campo (Valladolid)
N-VI Variante Medina del Campo (Valladolid)
N-VI " Tordesillas (Valladolid)
Autovía del Mediterráneo - Tramo Crevillente (Alicante)
Autovía Igualada - Martorell (Barcelona)

POLYFELT TS, la mejor solución como capa anticontaminante en carreteras

URALITA

INDUSTRIAS TRANSFORMADORAS
DE CEMENTO ETERNIT, S.A.
Oficinas centrales: Megía Lequerica, 10
Tlno.: 448 39 12 - 28004 MADRID
Fax: 448 39 07

itecc